

Alueellisesti rajattavat tieliikenteen palvelut ja niiden edellytykset

Esiselvitys

Risto Kulmala, Taina Haapamäki, Tomi Laine, Kristian Appel

Traficomin tutkimuksia
ja selvityksiä
Traficoms forsknings-
rapporter och utredningar
Traficom Research Reports

19/2020

Nordic
WAY3 



Yhteisrahoitettu Euroopan unionin
Verkkojen Eurooppa -välineestä

Julkaisun nimi Alueellisesti rajattavat tieliikenteen palvelut ja niiden edellytykset				
Tekijät Risto Kulmala, Taina Haapamäki, Tomi Laine, Kristian Appel				
Toimeksiantaja ja asettamispäivämäärä Liikenne- ja viestintävirasto				
Julkaisusarjan nimi ja numero Traficomin tutkimuksia ja selvityksiä 19/2020		ISSN(verkkojulkaisu) 2669-8781 ISBN(verkkojulkaisu) 978-952-311-729-7 URNhttp://urn.fi/URN:ISBN:978-952-311-729-7		
Asiasanat alueellinen, rajausta, pääsynsäätely, geoaitaaminen, geoaita, palvelu, sovellus				
Tiivistelmä Työssä tarkasteltiin alueellisesti rajattavia tieliikenteen palveluita ja niiden edellytyksiä Suomessa. Työssä käytetty tieto toteutetuista ja kehitetyistä palveluista sekä niiden käyttömahdollisuuksista Suomessa kerättiin kirjallisuuden ja työpajan avulla. Raportti selvittää ajoneuvon pääsyn rajoittamisen ja geoaitaamisen käsitteitä ja ehdottaa niitä koskevat suomenkieliset termit yleisesti käytettäväksi. Työssä kartoitettiin ensiksi kokemukset alueellisesti rajatuista tieliikenteen palveluista sekä ajoneuvojen pääsyn rajoittamisen, tiemaksujen ja geoaitaamisen sovellusten osalta. Kultakin alueelta esitetään yleiset näkemykset sovelluksista ja niiden vaikutuksista sekä esimerkkejä yksittäisestä palveluista ja niiden toteuttamistavasta. Sovellusten ja palvelujen lisäksi tarkasteltiin niiden hyödyntämiä teknologioita etenkin satelliittipaikannuksen, digitaalisten karttojen, tietoliikenteen, pilviratkaisujen ja tunnistamisen suhteen. Samoin tarkasteltiin olemassa olevaa lainsäädäntöä ja standardisointia eri palvelutyypin kohdalla. Palveluiden analyysissa tarkasteltiin tarvetta niiden toteutuksiin ja kokeiluihin Suomessa sekä toimijoiden mahdollisia rooleja neljän eri esimerkkisovelluksen kohdalla: vähäpäästövyöhyke kaupunkikeskustassa, onnettomuus- tai häiriökohteesta varoittaminen geoaitaamisella, alueellisten ja ajallisten rajoitusten asettaminen potkulautatoimijoita koskevilla yhteisillä suosituksilla sekä alueelliset tienkäyttömaksut. Lisäksi tarkasteltiin teknologiakehitystä sekä sen merkitystä alueellisesti rajattaville palveluille 2020-luvulla. Lopuksi esitetään yhteenveto työn päätuloksista ja ehdotus lupaavimmista kokeilukohteista lähivuosina. Lupaavimpina kohteina pidettiin pääsyn rajoittamista ilmanlaadun parantamiseksi, vähäpäästövyöhykkeitä, herkkien alueiden suojelua sekä geoaitaamista erikois- ja vaarallisten aineiden kuljetusten hallinnassa, tietyömaiden liikkumisrajoituksissa, Galileon HAS-palvelun hyödyntämisessä sekä häiriö-, tapahtuma- ja painorajoitustiedotuksessa. Lisäksi tehdään yleisiä päätelmiä alueellisesti rajattavien palveluiden soveltuvuudesta ja toteutuskohteista Suomessa ja annetaan suosituksia lähivuosien toimenpiteistä näiden palveluiden hyödyntämisestä.				
Yhteyshenkilö Ilkka Kotilainen		Raportin kieli Suomi	Luottamuksellisuus julkinen	Kokonaissivumäärä 61
Jakaja		Kustantaja		

Publikation Spatialt avgränsade vägtrafiktjänster och deras förutsättningar			
Författare Risto Kulmala, Taina Haapamäki, Tomi Laine, Kristian Appel			
Tillsatt av och datum Transport- och kommunikationsverket			
Publikationsseriens namn och nummer Traficoms forskningsrapporter och utredningar 19/2020		ISSN (webbpublikation) 2669-8781 ISBN (webbpublikation) 978-952-311-729-7 URN http://urn.fi/URN:ISBN: 978-952-311-729-7	
Ämnesord Spatial, avgränsning, tillträdeskontroll, geo-fencing, geo-fence, tjänst, tillämpning			
Sammandrag I arbetet behandlades geografiskt avgränsade vägtrafiktjänster och deras förutsättningar i Finland. Informationen om utvecklade och införda tjänster och deras tillämplighet i Finland baserar sig på litteraturstudier och en workshop. Rapporten klargör begreppen inom tillträdeskontroll och geo-fencing samt tar fram ett förslag till termer på finska. Arbetet inleddes med en kartläggning av geografiskt avgränsade vägtrafiktjänster samt tillträdeskontroll, vägavgifter och geo-fencing. För varje delområde framförs allmänna synpunkter på tillämpningarna och deras effekter, samt exempel på enskilda tjänster och hur de implementerats. Utöver tjänster och tillämpningar studerades de teknologier som dessa utnyttjar, speciellt satellitpositionering, digitala kartor, datakommunikation, molntjänster och identifiering. Därutöver utreddes gällande lagstiftning och standardiseringsläget för de olika tjänsterna. I samband med analys av tjänsterna bedömdes behovet av införande eller försök i Finland samt de olika aktörernas eventuella roller i fyra tillämpningsexempel: lågutsläppszon i stadscentrum, varning för olycka eller trafikstörning genom geo-fencing, utfärdande av gemensamma rekommendationer för tidsmässig och områdesvis begränsning för operatörer av el-sparkbräden samt regionala vägavgifter. Utöver detta studerades också teknologiutvecklingen och dess inverkan på spatialt avgränsade tjänster på 2020-talet. Avslutningsvis presenteras ett sammandrag av huvudresultaten i arbetet samt ett förslag för de mest lovande försöken på området under de närmaste åren. Mest lovande ansågs vara tillträdeskontroll för förbättring av luftkvaliteten, lågutsläppszoner, fredning av känsliga områden samt geo-fencing vid ledning av special- och farliga transporter, trafikledning på vägarbetsplatser, tillämpning av Galileos HAS-tjänster samt informationsförmedling gällande störningar, evenemang och viktbegränsningar på vägnätet. Utöver detta dras allmänna slutsatser gällande tillämpligheten av geografiskt avgränsade tjänster och deras realisering i Finland samt ges rekommendationer gällande åtgärder de närmaste åren för att utnyttja dessa tjänster.			
Kontaktperson Ilkka Kotilainen		Språk Finska	Sekretessgrad offentlig
Distribution		Sidoantal 61	
		Förlag	

Title of publication

Study on spatially regulated road transport services and their prerequisites

Author(s)

Risto Kulmala, Taina Haapamäki, Tomi Laine, Kristian Appel

Commissioned by, date

Finnish Transport and Communications Agency

Publication series and number

Traficom Research Reports 19/2020

ISSN (online) 2669-8781

ISBN (online) 978-952-311-729-7

URN [http://urn.fi/URN:ISBN: 978-952-311-729-7](http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-311-729-7)

Keywords

spatial, area-wide, regulation, access control, geo-fencing, geo-fence, services, application

Abstract

The study dealt with spatially regulated road traffic services and their prerequisites in Finland. The data for the study on existing and developed services and their viability in Finland was collected from literature and via a workshop. The report clarifies the concepts of urban vehicle access regulation and geo-fencing as well as proposes related terminology in Finnish to be widely used.

At first the study reviewed experiences from spatially regulated road traffic services and the applications of access control, road use charging, and geo-fencing. General views on the applications and examples of specific services and their implementation details are presented for the different service types.

In addition to applications and services, the study looked at the technologies utilised especially with regards to satellite positioning, digital maps, communication technologies, cloud solutions, and identification. The state of the art of the related legal framework and standardisation activities was reviewed for the different service types.

The analysis of the services investigated the need to pilot and implement them in Finland as well as the possible roles of different stakeholders with regards to four example applications: low emission zone in city centre, accident or incident information via geo-fencing, spatial and temporal restrictions of e-scooter use using general recommendations, and regional road use charges. In addition, the consequences of technology development on the spatially regulated services were discussed.

Finally, the study sums up its main results and proposes the most promising pilot applications for the next years. Such applications include access control to improve air quality, setting up low emission zones and protection of sensitive areas as well as the use of geofencing in the management of special and hazardous goods transport, movement restrictions at road works, Galileo HAS service based use cases, and incident, event, and Spring thaw information. Furthermore, the study makes conclusions of the viability and provision of spatially regulated services in Finland and presents recommendations for actions to utilise these services in the near future.

Contact person

Ilkka Kotilainen

Language

Finnish

Confidence status

Public

Pages, total

61

Distributed by

Published by

ALKUSANAT

Tämä raportti tarkastelee alueellisesti rajattavia tieliikenteen palveluita ja niiden edellytyksiä Suomessa osana NordicWay 3 -hanketta (www.nordicway.net), joka saa rahoitusta vuosina 2019–2023 Euroopan Komission Verkkojen Eurooppa (engl. Connecting Europe Facility, CEF) -ohjelmasta.

Selvityksen tekivät ja raporttoivat Risto Kulmala ja Kristian Appel Traficon Oy:stä, Taina Haapamäki FLOU Oy:stä ja Tomi Laine Ramboll Finland Oy:stä.

Työn ohjausryhmässä työskentelivät Ilkka Kotilainen (puheenjohtaja), Anna Schirokoff ja Aki Tilli Liikenne- ja viestintävirastosta, Petri Antola ja Niklas Fieandt Väylävirastosta, Mika Kulmala Tampereen kaupungilta sekä Kati-Jasmin Kosonen ja Tero Piippo MAL-verkostosta.

Helsingissä, 10. joulukuuta 2020

Ilkka Kotilainen
Erityisasiantuntija
Liikenne- ja viestintävirasto Traficom

FÖRORD

Denna rapport behandlar geografiskt avgränsade vägtrafiktjänster och deras förutsättningar i Finland som en del av NordicWay 3 –projektet (www.nordicway.net), som åren 2019 - 23 erhåller finansiering från Europeiska unionens fond för ett sammanlänkat Europa (Connecting Europe Facility, CEF).

Utredningen gjordes och rapporten skrevs av Risto Kulmala och Kristian Appel från Traficon Ab, Taina Haapamäki från FLOU Oy och Tomi Laine från Ramboll Finland Ab.

I styrgruppen för arbetet ingick Ilkka Kotilainen (ordförande), Anna Schirokoff och Aki Tilli från Transport- och kommunikationsverket, Petri Antola och Niklas Fieandt från Trafikledsverket, Mika Kulmala från Tammerfors stad samt Kati-Jasmin Kosonen och Tero Piippo från Nätverket för markanvändning, boende och trafikplanering (MAL).

Helsingfors, den 10 december 2020

Ilkka Kotilainen
specialsakkunnig
Transport- och kommunikationsverket Traficom

FOREWORD

This report deals with spatially regulated road transport services and their prerequisites in Finland as a part of the NordicWay 3 project (www.nordicway.net) 2019-2023 co-funded by the Connecting Europe Facility (CEF) programme of the European Union.

The study was carried out and reported by Risto Kulmala and Kristian Appel from Traficon Ltd, Taina Haapamäki from FLOU Oy, and Tomi Laine from Ramboll Finland Ltd.

The work was supervised by a steering group consisting of Ilkka Kotilainen (chairman), Anna Schirokoff and Aki Tilli from Finnish Transport and Communications Agency, Petri Antola and Niklas Fieandt from Finnish Transport Infrastructure Agency, Mika Kulmala from the City of Tampere, and Kati-Jasmin Kosonen and Tero Piippo from the Finnish national land use, housing and sustainable transportation network.

Helsinki, 10 December 2020

Ilkka Kotilainen
Special Adviser
Finnish Transport and Communications Agency Traficom

Nordic
WAY 3 



**Yhteisrahoitettu Euroopan unionin
Verkkujen Eurooppa -välineestä**

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	7
1.1	Selvityksen tausta ja tavoite	7
1.2	Rajaus ja menetelmät	7
1.3	Terminologia ja määritelmät	7
2	Kokemuksia alueellisesti rajatuista tieliikenteen palveluista	9
2.1	Ajoneuvojen pääsyn rajoittaminen taajamissa	9
2.1.1	Vähäpäästövyöhykkeet	10
2.1.2	Tiemaksut	17
2.1.3	Muut toteutukset	23
2.2	Geoaitaaminen	24
2.2.1	Alueellinen rajaus.....	24
2.2.2	Väylä- ja reittikohtainen rajaus	28
2.2.3	Muut käyttötavat	30
2.3	Yhteenveto alueellisesti rajatuista tieliikenteen palveluista ja niiden vaikutuksista.....	31
3	Tekniset ratkaisut.....	33
3.1	Satelliittipaikannus.....	33
3.2	Digitaaliset kartat	34
3.3	Tietoliikenne	34
3.4	Pilviratkaisut	35
3.5	Tunnistaminen	35
4	Lainsäädäntö	36
4.1	Ajoneuvojen pääsyn rajoittaminen taajamissa	36
4.2	Tiemaksut.....	37
4.3	Geoaitaaminen	38
5	Analyysi.....	40
5.1	Tarve toteutuksille ja sovelluksille Suomen tieliikenteessä	40
5.2	Toimijoiden mahdolliset roolit esimerkisovelluksissa	42
5.2.1	Vähäpäästövyöhyke	43
5.2.2	Onnettomuuspaikasta varoittaminen	44
5.2.3	Sähköpotkulautojen käytön rajoittaminen	46
5.2.4	Helsingin seudun ruuhkamaksut	47
5.3	Teknologian kehitys lähitulevaisuudessa	49
6	Tulokset.....	50
6.1	Yhteenveto tuloksista	50
6.2	Kokeiluilla eteenpäin?.....	52
6.3	Johtopäätökset ja suositukset.....	53
7	Lähdeluettelo.....	54

Johdanto

1.1 Selvityksen tausta ja tavoite

Teknologian kehitys tuo uusia mahdollisuuksia liikenteeseen liittyvän palvelukehitykseen. Peruspalvelut, kuten tie- ja katuverkkojen käyttö, liikenneinformaatio, liikenteenohjaus jne., eivät sinänsä paljon muutu, mutta informaatio- ja tietotekniikan kehityksen ansiosta palveluita on mahdollista toteuttaa yhä tehokkaammin.

Selvityksen tavoitteena oli luoda yleiskatsaus alueellisesti rajattujen tieliikenteen palveluiden käyttötavoista ja vaikutuksista tieliikenteessä sekä arvioida näiden soveltuvuutta ja toteutettavuutta Suomessa. Tavoitteena on myös kartoittaa näihin palveluihin liittyvän lainsäädännön nykytila. Lisäksi pohditaan erityisesti, miten geoaitaamista voisi hyödyntää tieliikenteen viranomaispalveluissa.

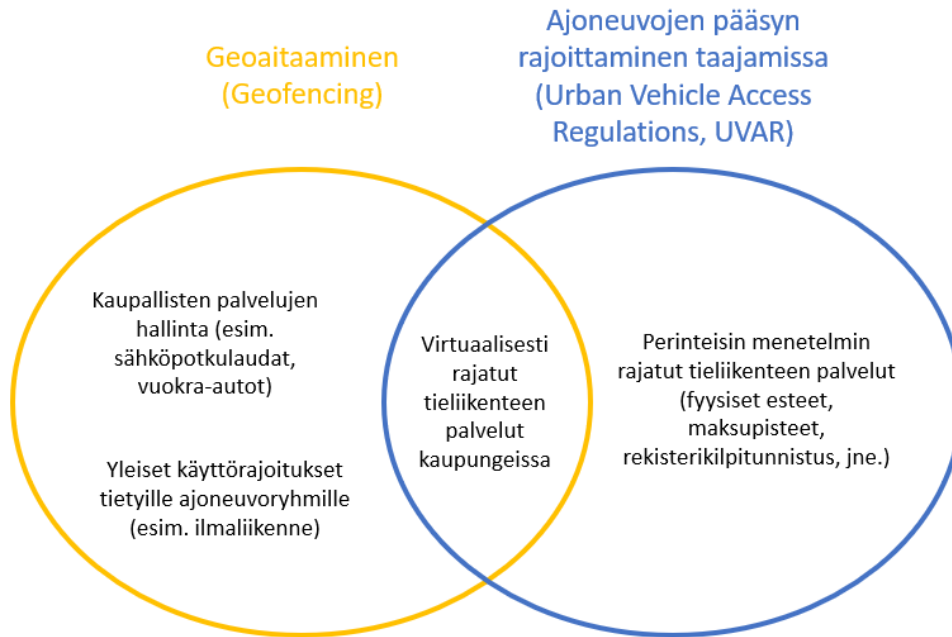
1.2 Rajaus ja menetelmät

Tässä työssä käsitellään alueellisesti rajattuja tieliikenteen palveluita. Palveluiden valikoima on laaja, ja niihin lukeutuvat mm. erilaiset vähäpäästövyöhykkeet, tiemaksutoteutukset ja liikkumispalvelut, kuten vuokra-auto- ja potkulautapalvelut. Alueellisia rajoituksia voidaan tehdä kaupunkikohtaisesti esimerkiksi liikenteen ulkoisvaikutusten (lähipäästöt, kasvihuonekaasupäästöt, liikenneonnettomuudet) hillitsemiseksi. Kaupalliset palveluntarjoajat voivat tehdä omia rajoituksia hallitakseen tuottamiensa palveluiden käyttöä. Tässä työssä keskitytään erityisesti geoaitaamista hyödyntäviin virtuaalisesti rajattuihin tieliikenteen palveluihin sekä kaupungeissa että maanteilla.

Työmenetelminä olivat kirjallisuuskatsaus ja haastattelut sekä MAL-verkoston työpaja.

1.3 Terminologia ja määritelmät

Tämän selvityksen keskiössä ovat käsitteet geoaitaaminen (englanniksi geofencing) ja ajoneuvojen pääsyn rajoittaminen taajamissa eli UVAR (englanniksi Urban Vehicle Access Regulation). Kuvassa 1 on esitetty esimerkkejä geoaitaamisen hyödyntämisestä ja ajoneuvojen pääsyn rajoittamisesta taajamissa. Virtuaalisesti rajatut tieliikenteen palvelut ovat esimerkkejä UVAR-toteutuksista, jotka hyödyntävät geoaitaamisen teknologioita.



Kuva 1. Geoaitaaminen ja ajoneuvojen pääsyn rajoittaminen taajamissa.

Tässä työssä käsitellään sekä geoaitaamisen että ajoneuvon pääsyn rajoittamisen kaikkia palveluita. Taulukossa 1 on esitetty ehdotus aihealuetta koskeviksi termeiksi. Ehdotus perustuu pääosin Pohjoismaisten liikenneviranomaisten ITS-sanastoon (ent. PTL ITS sanasto), standardisoinnissa tehtyyn sanastotyöhön sekä alan raporteissa esitettyihin määritelmiin. Joitakin termejä on muokattu tai kehitetty tämän työn yhteydessä.

Taulukko 1. Alueellisesti rajattuja palveluita koskevia termejä määritelmiseen suomeksi ja englanniksi. Pohjoismaiden tielaitosten sanastotyössä tai standardisoinnissa sovitut termit määritelmiseen on esitetty vihreällä pohjalla.

termi	määritelmä	term	definition	lähde/source
geoaita	maantieteellisen alueen virtuaalinen reunaviiva	geo-fence	virtual perimeter for a geographic area	ITS Terminology 2018
geoaitaaminen	geoaidan sijainnin ja muiden ominaisuuksien määrittäminen	geo-fencing	defining the location and other properties of a geo-fence	Kristian Appel
geoviestintä	teknologia, joka mahdollistaa henkilön tai järjestelmän lähettää viesti tietyllä alueella oleviin laitteisiin	geomessaging	technology that allows a person or system to send a message to certain devices in an area	ITS Terminology 2018
pääsyn säätely	henkilöiden tai ajoneuvojen pääsyoikeuksien tarkastus tietyllä alueella	access control (1), gating	verification of access rights of persons or vehicles to restricted areas	ITS Terminology 2018
automaattinen pääsyn säätely	henkilöiden tai ajoneuvojen tietyllä alueella pääsyn säätely automaattisen tunnistuksen ja pääsyoikeuksien tarkastuksen avulla	automatic access control, electronic clearance	control of the access of persons or vehicles to restricted areas by automatic identification and control of access rights	ITS Terminology 2018

ajoneuvojen pääsyn rajoittaminen	toimet, joilla rajoitetaan ajoneuvojen oikeutta käyttää tiettyjä infrastruktuureja	vehicle access regulation, VAR	measures to regulate vehicular access to specific infrastructures	Kristian Appel
ajoneuvojen pääsyn rajoittaminen taajamissa	toimet, joilla rajoitetaan ajoneuvojen oikeutta käyttää tiettyjä infrastruktuureja taajamissa	urban vehicle access regulation; UVAR	measures to regulate vehicular access to urban infrastructure	EU DG MOVE, 2017
käyttövaltuuksien hallinta, pääsynvalvonta (2)	resurssin, esim. tiedon, käytön rajoittaminen vain valtuutetuille käyttäjille	access control (2), access protection	restricting access to a resource, e.g. information, to those authorised	ITS Terminology 2018, muutettu
tienkäyttömaksu	vero tai maksu, joka oikeuttaa tietyn tien tai tiestön käyttöön	road user charge, road toll	tax, duty or fee to be paid for the use of a certain road infrastructure	ITS Terminology 2018
lyhyen kantaman tiedonsiirto	lyhyen kantaman langaton tiedonsiirto tietojen vaihtamiseksi ajoneuvolaitteen ja tienvarsilaitteen välillä	dedicated short range communication, DSRC	short-range wireless communication for exchange of information between on-board and roadside equipment	ISO/CEN TC278 WG1
paikannus	kohteen maantieteellisen sijainnin määrittäminen	positioning	determination of the geographical location of an object	ITS Terminology 2018
ympäristövyöhyke	alue, jonka käyttöä on rajoitettu ympäristövaikutuksiin liittyvistä syistä	environmental zone	area, the use of which is restricted or deterred due to environmental impacts	
päästövyöhyke	alue, jolla on voimassa päästörajoituksia	emission zone	area, where emission restrictions are applied	Kristian Appel
vähäpäästövyöhyke	alue, jolle pääsyä rajoitetaan ajoneuvojen päästöjen mukaan	low emission zone, LEZ	area, where access by restricted or deterred on the basis of vehicle emissions	Kristian Appel
nollapäästövyöhyke	alue, jolla sallitaan vain nollapäästöisiä ajoneuvoja	zero emission zone, ZEZ	area, where only zero-emission vehicles (ZEVs) are allowed	Kristian Appel

2 Kokemuksia alueellisesti rajatuista tieliikenteen palveluista

2.1 Ajoneuvojen pääsyn rajoittaminen taajamissa

Ajoneuvoliikenteestä aiheutuu useita erilaisia ulkoisvaikutuksia, kuten ruuhkautumista, lähipäästöjä, melua, onnettomuuksia ja kasvihuonekaasupäästöjä. Erityisen haitallisia edellä mainitut vaikutukset ovat taajamissa, joissa vaikutuksille altistuu merkittäviä määriä väestöä. Englannin kielessä on käytössä termi UVAR (Urban Vehicle Access Regulation), joka pitää sisällään erilaisia toimenpiteitä edellä mainittujen vaikutusten hillitsemiseksi. Toimenpiteitä voidaan hyödyntää herkkien kohteiden, kuten koulujen lähialueiden, tai kävelykeskusten tai historiallisten kaupunkikeskusten rauhoittamiseen. Niitä voidaan myös ottaa käyttöön hetkellisesti, kuten ilmanlaadun raja-arvojen ylittyessä. Toimenpiteitä voidaan hyödyntää myös mm.

liikenteen infrastruktuurin ja palveluiden rahoittamistarkoituksessa, mistä mm. Norjassa on pitkät perinteet.

Euroopassa ajoneuvojen pääsyn rajoittamisen keinot taajamissa jaetaan neljään pääryhmään (Urban Access Regulations in Europe 2020a):

1. vähäpäästövyöhykkeet (Low Emission Zone, LEZ)
2. tiemaksut (Urban Road Tolls)
3. ilmanlaadun hätätila (Pollution Emergency)
4. muihin rajoituksiin (Other Access Regulation).

Vähäpäästövyöhykkeitä asetetaan pääasiassa kaupunkikeskustoihin ilmanlaatuun liittyvistä syistä. Ilmanlaatua parannetaan kieltämällä tai rajoittamalla pääsy alueelle tiettyntyyppisiltä ajoneuvoilta. Vähäpäästövyöhykkeitä on käytössä esimerkiksi Tukholmassa ja Lontoossa.

Myös Helsinki rajoittaa hankinnoissaan päästöiltään haitallisimpien ajoneuvojen käyttöä joukkoliikenteessä ja jätekuljetuksissa kantakaupungin alueella. Helsingissä vyöhyke on nimetty ympäristövyöhykkeeksi.

Tiemaksut ovat yleisnimi tietyn tien tai kadun tai tie- ja katuverkon käytöstä käytön perusteella perittäville maksuille tai veroille. Tässä työssä käsitellään tieliikenteen hinnoittelua, joka kohdistuu yleensä kaupungin ytimeen ja ytimen ympärille, pääasiassa katuverkoille ja säteittäisille ja kehämäisille maanteille. Tiemaksut ovat käytössä esimerkiksi Oslossa, Tukholmassa, Milanossa ja Lontoossa.

Ilmanlaadun hätätila otetaan käyttöön, mikäli ilmanlaatu laskee terveyden kannalta haitalliselle tasolle. Hätätilatoimenpiteitä voivat olla esimerkiksi tiettyjen ajoneuvoryhmien käytön kieltäminen tai rajoittaminen tai joukkoliikenteen lipunhinnan alennukset.

Neljänteen pääryhmään, muut rajoitukset, luetaan erilaisia tieliikennettä rajoittavia toimenpiteitä, kuten katukohtaisia läpiajokieltoja tai vaarallisten aineiden kuljetusten reittirajoituksia taajamissa.

Toimenpiteitä voidaan toteuttaa

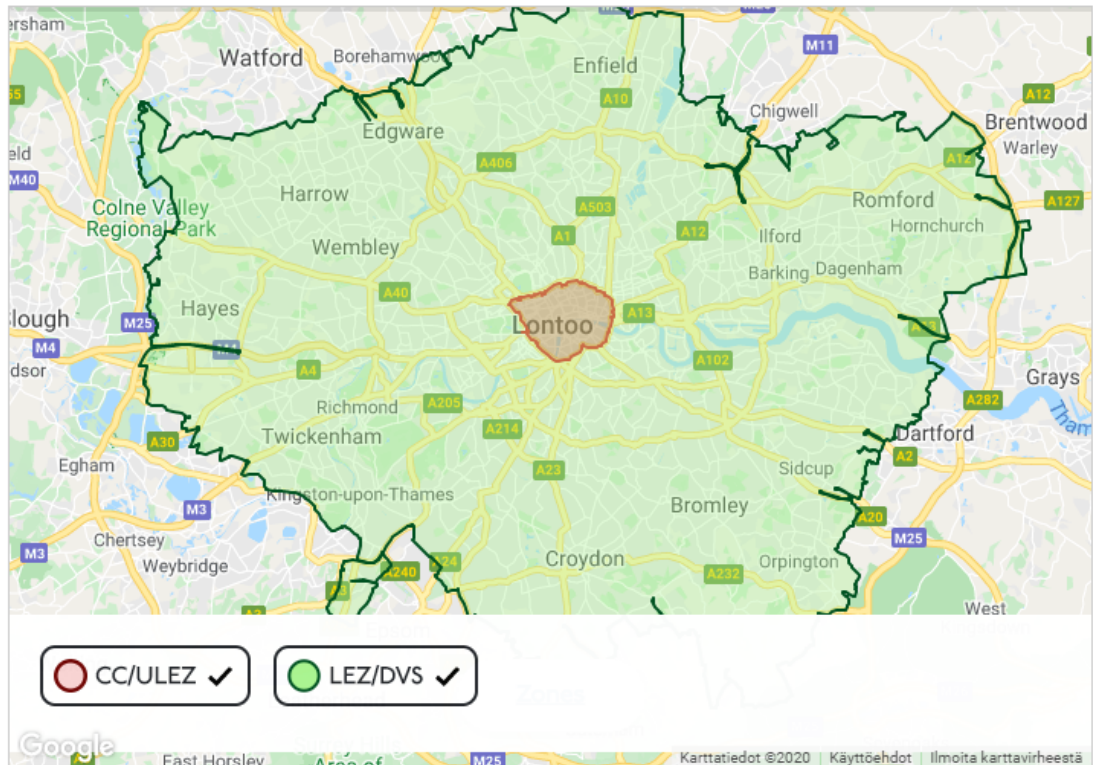
1. Vyöhykkeinä (Cordon-based, voimassaoloaika, -kohteet ja säännöt voivat vaihdella ajoneuvotyyppikohtaisesti)
2. Aluelisensseinä (Area license-based)
3. Tullirenkaina (esimerkiksi Norjassa kaupunkien kehätiet)
4. Maksupisteinä (esimerkiksi sillat, tietty kohta kadusta tai tiestä)
5. Matka- tai aikaperusteisina.

2.1.1 Vähäpäästövyöhykkeet

Euroopassa on käytössä runsaasti erilaisia vähäpäästövyöhykkeitä. Valtiosta riippuen niistä käytetään hieman eri nimityksiä, kuten vähäpäästövyöhykkeet (LEZ ja ULEZ) tai ympäristövyöhykkeet. Vuoden 2019 alussa Euroopan kaupungeissa oli noin 260 vyöhykettä, joilla pyrittiin rajoittamaan kaikkein päästöiltään haitallisimpien ajoneuvojen käyttöä. Vyöhykkeillä tavoitellaan ensisijaisesti lähipäästöjen vähenemistä ja sitä kautta ilmanlaadun parantamista. Euroopan ulkopuolella vastaavia vyöhykkeitä on käytössä muuan muassa Hong Kongissa, Pekingissä ja Singaporessa. (Helsingin kaupunki 2019)

Lontoo, Iso-Britannia

Lontoossa otettiin huhtikuussa 2019 käyttöön ULEZ-vyöhyke (Ultra Low Emission Zone). Vyöhyke on käytössä ympäri vuorokauden, vuoden jokaisena päivänä, ja se korvasi aiemman niin kutsutun myrkyllisyysmaksun (Toxicity Charge, T-Charge). Vyöhyke kattaa vain aivan keskeisimmän alueen Lontoossa, mutta sitä on tarkoitus laajentaa lokakuussa 2021. ULEZ-vyöhykkeen lisäksi lähes koko Suur-Lontoon alue on matalapäästöistä vyöhykettä (LEZ).



Kuva 2. Lontoon ULEZ- ja LEZ-vyöhykkeet. Kuvassa ULEZ-vyöhyke punaisella ja LEZ-vihreällä. (Transport for London 2020a)

Vyöhykkeet on esitelty kuvassa 2. Vyöhykkeiden asukkaille on myönnetty lokakuuhun 2021 asti poikkeuslupa myös päästörajoitukset ylittävien ajoneuvojen käyttöön. He maksavat edelleen T-maksua, mutta sitä on alennettu 90 %. (Transport for London 2020a)

Tarkempi kuvaus Lontoon ULEZ-vyöhykkeestä

ULEZ-vyöhykkeellä eri ajoneuvotyypeille on asetettu eri vaatimuksia. Bensiinikäyttöisten ajoneuvojen (henkilöautot, pakettiautot ym. kevyet moottoriajoneuvot) tulee täyttää Euro 4 -standardi. Dieselkäyttöisten ajoneuvojen tulee täyttää Euro 6 -standardi. Kaksipyöräisten ajoneuvojen tulee täyttää Euro 3 -standardi NOx-päästöjen osalta. Kuorma-autojen, bussien, työkoneiden ja vastaavien raskaan kaluston ajoneuvojen tulee täyttää Euro VI -standardi. (Transport for London 2020b)

Valvonta ja sanktiointi

Ajoneuvot tulee rekisteröidä ja rajoitusten noudattamista ja maksuja valvotaan kameroiden avulla automaattisesti. Myös veloituksen voi asettaa toimimaan käytön mukaan, jolloin kameroiden avulla saadaan selville päivät, jolloin ajoneuvo on ollut käytössä ULEZ-vyöhykkeellä. (Transport for London 2020b)

Mikäli ajoneuvo ei täytä ULEZ-vaatimuksia, tulee jokaista vuorokautta kohden maksaa 12,50 punnan (noin 14 euroa) suuruinen maksu. Raskaalle kalustolle asetettu maksu on 100 puntaa (noin 110 euroa). Maksun maksamatta jättämisestä seuraa henkilöautolle 160 ja raskaalle ajoneuvolle 1000 punnan (noin 180/1110 euroa) rangaistusmaksu. Rangaistusmaksut puolittuvat, jos ne maksetaan alle kahdessa viikossa. Käyttömaksujen maksamiseen on useita tapoja esimerkiksi verkossa tai sovellusten avulla. Lontoossa on myös käytössä ruuhkamaksu ja sen kerääminen jatkuu ULEZ-vyöhykkeen rinnalla. (Transport for London 2020c)

Vaikutukset

ULEZ-vyöhykkeellä päästöt ovat vähentyneet merkittävästi kymmenen kuukauden aikana:

- Teiden ja katujen varrella mitatut NO₂-päästöt ovat vähentyneet helmikuuhun 2020 mennessä 44 %.
- Tammi-helmikuussa 2020 Lontoon keskustan NO₂-pitoisuudet pienenevät 39 % verrattuna tilanteeseen ilman ULEZ-vyöhykettä.
- NO_x-päästöt vähenivät 230 tonnia (35 %) verrattuna tilanteeseen ennen ULEZ-vyöhykettä.
- Vuoden 2019 loppuun mennessä CO₂-päästöjen arvioitiin pienentyneen 12 300 tonnia (6 %).
- Lontoon keskustan alueella liikennemäärien arvioidaan vähentyneen 3–9 % toukokuun 2019 ja tammikuun 2020 välillä, kun lukuja verrataan vuoden 2018 liikennemääriin. Pitkän aikavälin vaikutukset ajoneuvoliikenteen määriin eivät kuitenkaan ole vielä tiedossa.
- Kokonaisuudessaan 79 % ajoneuvoista täytti ULEZ-vaatimukset. Parhaiten ULEZ-vaatimukset täyttäviä ajoneuvoja on raskaan kaluston parissa (90 %), heikoiten vaatimukset täyttäviä ajoneuvoja on takseissa (29 %).
- ULEZ-vyöhykkeen reunoilla sijaitsevilla mittauspisteissä ei havaittu muutoksia NO₂-pitoisuuksissa.
- Tulokset on kerätty, ennen kuin Covid-19 pandemia vaikutti alueen liikenteeseen. ULEZ-rajoituksiin varautuminen yksityisten ja yritysten toimesta aloitettiin kuitenkin jo vuonna 2017, minkä jälkeen autokanta on uusiutunut voimakkaasti. (Greater London Authority 2020)

Tukholma, Ruotsi

Tukholmassa on ollut käytössä vähäpäästövyöhyke jo vuodesta 1996. Rajoitukset koskevat lähinnä paketti- ja kuorma-autoja, sillä minibussien, pakettiautojen ja henkilöautojen kohdalla toimenpiteet rajautuvat Hornsgatanille. Raskaan liikenteen ajoneuvojen tulee noudattaa Euro 6 -standardia, mutta Euro 5 ja EEV-standardien ajoneuvoja saa käyttää vuoden 2020 loppuun tai 8 vuotta ensirekisteröinnin jälkeen. Hornsgatanilla henkilöautojen, minibussien ja pakettiautojen on pitänyt tammikuusta 2020 alkaen noudattaa Euro 5 -standardia ja heinäkuusta 2022 alkaen Euro 6 -standardia. Rajoitusten noudattamista valvotaan manuaalisesti. (Urban Access Regulations in Europe 2020b)

Tukholman vähäpäästövyöhykkeen vaikutuksia tutkittiin, kun se oli ollut käytössä neljä vuotta. Vuoteen 2000 mennessä typen oksidipäästöt olivat pienentyneet 10 % ja hiukkasmassapäästöt jopa 40 %. Vaikutukset eivät rajoittuneet ainoastaan

vyöhykkeelle vaan myös ulkopuolelle. Rajoituksia noudattavia ajoneuvoja on ollut noin 90–95 % kaikista ajoneuvoista. Poliisi on vähentänyt valvontaa, minkä on arvioitu voivan heikentää rajoitusten noudattamista. (Amundsen ym. 2018.)

Tukholman keskustan kolmella kadulla (Kungsgatan, Fleminggatan ja Hornsgatan) on lisäksi käytössä nastarenkaiden käyttökielto. Käyttöä valvoo poliisi ja rajoituksen rikkomisesta seuraa 1000 kruunun (noin 100 euron) rangaistusmaksu. Raskaalle liikenteelle on myös muita rajoituksia. Yli 12 metriä pitkät, yli 3,5 metriä leveät tai yli 3,5 tonnin painoiset ajoneuvot voivat ajaa yöaikaan (kello 22.00–6.00) keskustassa vain tiettyjä katuja käyttäen ja niiden tulee anoa maksullinen lupa toimintaa varten. Vanhassa kaupungissa ajoneuvoliikenne on kielletty kokonaan. Lisäksi kaupungilla on käytössään muita toimenpiteitä pienhiukkaspäästöjen vähentämiseksi: katupölyä vähennetään kalsiummagnesiumasetaatilla, nolla- ja vähäpäästöisten ajoneuvojen käyttöä edistetään ja pyöräilyn, kävelyn ja joukkoliikenteen käyttöä lisätään. (Amundsen ym. 2018, Urban Access Regulations in Europe 2020b)

Pariisi, Ranska

Pariisin vähäpäästövyöhyke (ZFE, Zone à Faibles Emissions) rajoittaa kaupungin kehätien (Boulevard Périphérique) sisäpuolista ajoneuvoliikennettä.

Heinäkuussa 2019 alkoi ZFE-vyöhykkeen kolmas vaihe, joka kestää vuoteen 2022 saakka. Rajoitukset ovat voimassa maanantaista perjantaihin kello 8–20 kevyille ajoneuvoille ja joka päivä kello 8–20 raskaille ajoneuvoille.

Vähäpäästövyöhykkeen ehtojen kiristäminen tulee edelleen jatkumaan.

Pariisin keskustan lisäksi Suur-Pariisin alueella A-86-moottoritien sisäpuolella on laajempi vähäpäästövyöhyke, jonka rajoitukset ovat lievemmat kuin Pariisin keskustassa.

Tarkempi kuvaus Pariisin ympäristövyöhykkeistä

Pariisin vähäpäästövyöhyke otettiin käyttöön vuonna 2015. Aluksi vyöhyke rajoitti vain Euro III -standardia vanhempien raskaan liikenteen ajoneuvojen käyttöä Pariisissa. Rajoituksia on kuitenkin kiristetty melko nopeassa tahdissa.

Ranskassa vähäpäästöisissä vyöhykkeissä otettiin käyttöön valtakunnallinen malli (Crit'air) ja sen seurauksena vuonna 2016 Pariisin vyöhykkeen rajoitukset laajennettiin koskemaan myös alle 3,5 tonnin painoisia ajoneuvoja ja henkilöautoja.

Crit'air-kategoriat ovat seuraavat:

- Vihreä Crit'Air E (nollapäästöiset – sähkö- ja vetykäyttöiset ajoneuvot)
- Violetti – Crit'Air 1 (kaasukäyttöiset ja pistokehybridit)
- Keltainen – Crit'Air 2 (Euro 5 ja Euro 6 -luokkien ajoneuvot)
- Oranssi – Crit'Air 3 (Euro 4 -luokan ajoneuvot)
- Punainen – Crit'Air 4 (Euro 3 -luokan ajoneuvot)
- Harmaa – Crit'Air 5 (Euro 2 -luokan ajoneuvot).

Nykyiset vyöhykerajoitukset edellyttävät, että raskaan kaluston ajoneuvot täyttävät vähintään Crit'Air 3 -luokan ehdot. Muissa ajoneuvoissa dieselajoneuvojen on oltava Euro 4 -standardin mukaisia ja bensiini- ja kaasukäyttöisten ajoneuvojen on oltava Euro 3 -standardin mukaisia.

Vähäpäästövyöhykkeen kiristäminen tulee edelleen jatkumaan. Vuodesta 2022 vuoteen 2024 ajoneuvojen on täytettävä Crit'Air 2 -luokan vaatimukset. Vuodesta 2024 eteenpäin ajoneuvojen tulee olla Crit'Air 1 -luokan ajoneuvoja ja vuodesta 2030 eteenpäin liikennöinti on kokonaan kielletty bensiini- ja dieselajoneuvoilta. Ainoastaan täyssähkö- ja polttokennoajoneuvot sallitaan eli vähäpäästövyöhyke muuttuu nollapäästövyöhykkeeksi.. (Urban Access Regulations in Europe 2020c)

Heinäkuusta 2019 ajoneuvojen A-86-moottoritien sisäpuolisella alueella liikennöitävän kaluston tulee täyttää Crit'Air 5 -luokan ehdot arkisin kello 8–20 (henkilöautot) tai joka päivä kello 8–20 (raskas liikenne). Heinäkuusta 2021 sääntöjä kiristetään, ja ajoneuvojen tulee täyttää vähintään Crit'Air-luokan 3 ehdot. Heinäkuusta 2022 alkaen rajaksi tulee Crit'Air-luokka 2 ja vuodesta 2024 alkaen Crit'Air-luokka 1. Vuodesta 2030 alkaen ainoastaan päästöttömät ajoneuvot voivat liikennöidä Suur-Pariisin alueella. (Urban Access Regulations in Europe 2020c)

Pysyvien rajoitusten lisäksi Pariisissa on käytössä ilmanlaadun hätätilaohjelma (pollution emergency), joka otetaan käyttöön, mikäli ilmanlaatu laskee vaaralliselle tasolle. Käytännössä se kattaa Pariisin metropolialueen, eli Pariisin ja 22 ympäröivää kuntaa tai kaupunkia. Ilmanlaatuongelmien ilmaantuessa hälytystila otetaan käyttöön vaiheittain. Kun päästöt ylittävät raja-arvon, annetaan ennakkovaroitus, jossa kaupunkilaisia suositellaan vähentämään ajoneuvoliikennettä. Kahden päivän kuluttua asukaspysäköinti muuttuu maksuttomaksi, mikä kannustaa asukkaita jättämään autot pysäköidyiksi. Mikäli pitoisuudet eivät laske, tarjotaan joukkoliikennettä maksutta. Lisäksi yli 3,5 tonnin painoisten ajoneuvojen liikennöinti voidaan kieltää. Pariisin kehätiellä nopeusrajoitus lasketaan 60 kilometriin tunnissa. Muualla nopeusrajoituksia pudotetaan 20 kilometriä tunnissa. Lisäksi teiden kuntoa, nopeuksia ja päästöjä tarkkaillaan. Kansalaisia suositellaan käyttämään matalapäästöisiä ajoneuvoja (kaasu- ja sähkökäyttöiset ajoneuvot) sekä suosimaan kimppekyytejä, joukkoliikennettä, kävelyä ja pyöräilyä. (Urban Access Regulations in Europe 2020c)

Lisäksi Pariisissa on rajoitus yli 7,5 tonnin raskaille ajoneuvoille. Niiden saapumista ja lähtemistä Pariisiin on rajoitettu eri kellonaikoina. Yli 7,5 tonnin ajoneuvot eivät voi saapua Pariisiin esimerkiksi juhlapäihinä, sunnuntaisin, lauantai-iltaisina tai maanantaiaamuna. Poistuminen Pariisista ei voi tapahtua maanantaina aamuillasta, lauantaina päivällä tai sunnuntaina (myös juhlapäivät). (Urban Access Regulations in Europe 2020c)

Valvonta ja sanktiointi

ZFE-vyöhyke on kohdannut jonkin verran vastustusta, ja sen noudattamisessa on ollut haasteita. Tämän vuoksi valvontaa on lisätty. Valvonta perustuu tuulilasitarrojen manuaaliseen tarkastamiseen. Mikäli Crit'Air-tarraa ei ole, seurauksena on rangaistusmaksu, jonka suuruus vaihtelee 68 ja 375 euron välillä ajoneuvotyyppin ja maksuajan perusteella. (Urban Access Regulations in Europe 2020c)

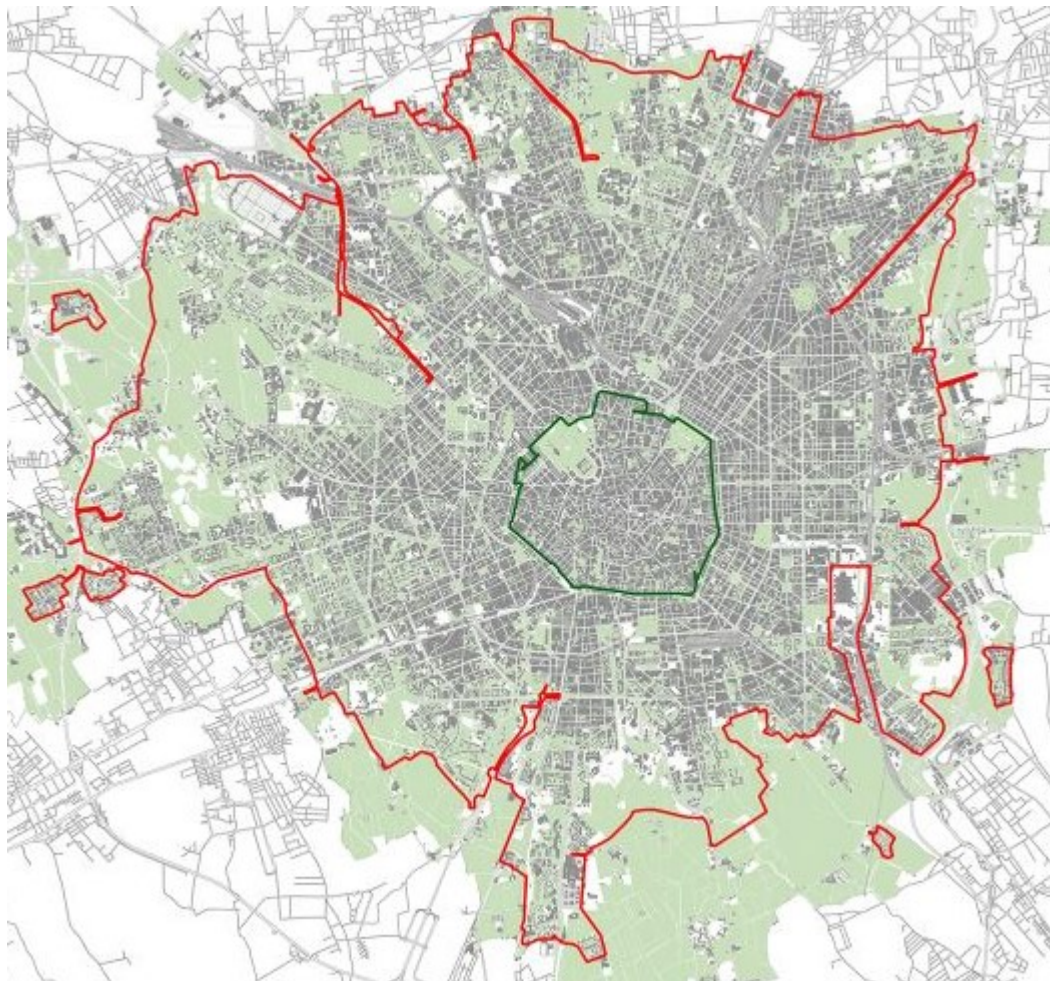
Vaikutukset

Pariisin vähäpäästövyöhykkeen neljännen vaiheen (2019–2022) on ennustettu vähentävän ajosuoritteita vyöhykkeen sisällä 21 %. Typpioksidipäästöjen ennustetaan vähenevän 44 %, PM10-hiukkaspäästöjen 25 % ja PM2.5-hiukkaspäästöjen 36 %. Tämän pitäisi johtaa tilanteeseen, jossa 89 % vähemmän pariisilaisista altistuu raja-arvot ylittävälle pitoisuuksille. (Airparif 2018)

Milano, Italia

Milanossa on käytössä useita erilaisia toimenpiteitä ajoneuvoliikenteen vaikutusten hillitsemiseksi. Ajoneuvoliikenteen rajoituksista tiukin on niin kutsuttu Milanon alue C, jossa vähäpäästövyöhykkeen (LEZ) sisällä kerätään myös ruuhkamaksua. Alue otettiin käyttöön vuonna 2012. (Urban Access Regulations in Europe 2020d) Alueen rajoituksia tullaan tulevaisuudessa kiristämään niin, että ne koskevat myös M1-ajoneuvoluokkaa. Lisäksi vuodesta 2030 alkaen dieselajoneuvot tullaan kieltämään alueella kokonaan. (Urban Access Regulations in Europe 2020d) B-alue on C-aluetta laajempi vyöhyke, jonka rajoitukset eivät ole yhtä tiukat. Lisäksi Milanon alueella on pääsyräoitettuja katuosuuksia. Liikennettä ohjataan infotauluilla, jotka ilmoittavat tienkäyttäjille, milloin katuosuudella voi liikennöidä vapaasti ja milloin vain erikseen luvan saanut ajoneuvoliikenne on sallittua. (Urban Access Regulations in Europe 2020d)

Lombardian provinssissa 570 kunnalla on käytössä vähäpäästövyöhykkeitä. Rajoitukset vaihtelevat kuntien asukasmäärien mukaan, ja yli 30 000 asukkaan kunnissa on käytössä tiukemmat rajoitukset



Kuva 3. Milanon B-alue (punainen viiva) ja C-alue (vihreä viiva). (Urban Access Regulations in Europe 2020d)

Tarkempi kuvaus Milanon C-alue ympäristövyöhykkeestä

Milanossa on käytössä useita erilaisia UVAR-rajoituksia. Tiukin niistä on niin kutsuttu Milanon C-alue, jossa vähäpäästövyöhyke (LEZ) on yhdistetty ruuhkamaksujen kanssa. Tällöin ajoneuvojen täytyy maksaa ruuhkamaksu alueelle pääsemiseksi, mutta alueelle pääsy on myös rajoitettu vähäpäästöisiin ajoneuvoihin. Alue otettiin käyttöön vuonna 2012. (Urban Access Regulations in Europe 2020d)

Alueen C rajoitukset ovat voimassa maanantaista perjantaihin kello 7.30–19.30. Täyssähköautot, mopot ja moottoripyörät pääsevät alueelle ilmaiseksi. M1-ajoneuvoluokan ajoneuvot, joiden päästöt ovat alle 100 g/ajon.km on vapautettu maksuista 1.10.2022 saakka. Muiden ajoneuvojen osalta pääsyä kiristetään vähitellen. Vuonna 2030 dieselaajoneuvot kielletään kokonaan. (Urban Access Regulations in Europe 2020d)

Valvonta ja sanktiot

Henkilöautoilta veloitetaan 5 euron maksu jokaista päivää kohden, jonka ne ovat alueella. Milanon asukkaiden maksut ja huoltoajoneuvot on alennettu. Linja-autojen kohdalla maksut ovat korkeammat, 15–100 euroa. Elintarvike-, kylmäkuljetusten ja alueen C yritysten huoltoajoneuvojen osalta ei peritä maksuja. Rajoitusten noudattamista valvotaan kameroilla. Rajoitusten rikkomisesta peritään 70–285 euron suuruinen rangaistusmaksu. Mikäli alueella ajaa ilman maksua henkilöautolla, sen voi maksaa vielä 7 päivän sisällä, mutta summa on silloin 15 euroa. (Urban Access Regulations in Europe 2020d)

Vaikutukset

Jo aikaisempi Ecopass-päästömaksu onnistui laskemaan ajoneuvojen määriä ja pienentämään päästöjä. Kun alue C otettiin käyttöön, ensimmäisenä vuotena ajoneuvojen määrä putosi vuorokausitasolla keskimäärin 31 % ja tieliikenneonnettomuuksien määrä väheni vuoden 2011 tasoon nähden 34 %. Ensimmäisen puolen vuoden aikana bussien ja kaupunkijunien nopeus kasvoi 5 % verrattuna edelliseen vuoteen, jolloin Ecopass oli käytössä. Muilla alueilla liikenne oli nopeutunut vain 2–3 %, mistä voi päätellä alueen C tuottaneen hyötyjä. Toisaalta aikaisempi Ecopass-maksu oli nostanut joukkoliikenteen keskinopeuksia 12 % ja metron käyttäjämäärää 13 %. Ilmanlaatu parani Ecopassin avulla 15 % kun mittarina käytetään PM10-pienhiukkaspäästöjä. Alueen C käyttöönotto laski edelleen 18 % päästöjä ensimmäisen vuoden aikana. Mustan hiilen määrä pieneni puoleen. Koska aikaisempi Ecopass oli päästömaksu ja nykyinen alue C yhdistää ruuhkamaksun ja vähäpäästöisen vyöhykkeen, tuottivat ne myös tuloja. Ecopassin operointikulut olivat 6,5 miljoonaa euroa vuonna 2010 ja tulot olivat 9,6 miljoonaa euroa vuonna 2009 ja 8,9 miljoonaa euroa vuonna 2010. Alueen C tulot olivat 11,2 miljoonaa euroa ja operointikulut pysyivät samalla tasolla Ecopassin kanssa ensimmäisen vuoden aikana, eli toiminta tuotti voittoja kunnalle. (ICLEI 2013)

Milanon kokemusten mukaan päästömaksut nopeuttivat ajoneuvokannan uusiutumista. Päästö- tai ruuhkamaksuilla ei ole havaittu olevan negatiivista vaikutuksia kiinteistöjen hintoihin tai alueen elinkeinoelämään. Vaihtoehtoisten liikennemuotojen kehittäminen on tärkeää rajoitusten vaikutusten lieventämiseksi. (ICLEI 2013)

Helsinki, Suomi

Suomen ainoa vähäpäästövyöhyke on Helsingin ympäristövyöhyke. Kantakaupungin alueelle muodostettu vyöhyke koskee Helsingin seudun liikenne - kuntayhtymän (HSL) kilpailuttamaa Helsingin sisäistä ja seudullista bussiliikennettä sekä Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymän (HSY) kilpailuttamaa jätteenkuljetusta. Lisäksi yli 12 metriä pitkien ajoneuvojen pääsy satamiin on rajoitettu kahdelle reitille, millä vähennetään raskasta liikennettä kantakaupungin läpi.

Vyöhykkeiden kehittämistä on tutkittu myös Suomessa viime vuosina. Helsingin selvityksessä (Helsingin kaupunki 2019) keskityttiin

- Euro-päästöluokkapohjaisiin vyöhykkeisiin raskaalle liikenteelle, henkilöautoliikenteelle ja jakeluliikenteelle
- nastarenkaiden käyttörajoituksiin
- työmaakoneiden päästörajoituksiin
- biopolttoaineiden käyttöön rakentamisessa ja kuljetuksissa
- nollapäästöisten ajoneuvojen vyöhykkeeseen

- jakelu- ja huoltoliikenteen ajoittamiseen öihin.

Tavoitteena oli arvioida keinoja, joita kaupunki toimijana voi ottaa käyttöön kasvihuonekaasu- ja lähipäästöjen hillitsemiseksi. Tästä syystä työn tarkasteluista jätettiin pois kirjallisuuskatsauksessa tunnistetut valtakunnallinen vyöhykemalli, vuorokauden ajan mukaan muuttuva tiemaksu ja päästöperusteinen tiemaksu, joiden katsottiin edellyttävän valtiollista tai seudullista päätöksentekoa.

Kaikki tarkastellut keinot vähentävät liikenteen lähipäästöjä, minkä lisäksi osalla toimenpiteistä saavutetaan myös kasvihuonekaasupäästöjen vähenemistä. Esimerkiksi rajoittamalla nastarenkaiden käyttöä vähennetään lähipäästöjä ja liikennemelua, mutta europäästöluokkaisella henkilöautoliikenteen rajoituksella vähennetään myös ilmastopäästöjä. Yleensä vyöhykeratkaisut parantavat ajoneuvoliikenteen sujuvuutta vähentämällä ajoneuvojen määrää. Joissakin tapauksissa rajoitukset saattavat kuitenkin lisätä kiertomatkoja ja tätä kautta ajoneuvosuoritetta. Taulukossa 2 on esitetty Helsingissä vertailut vyöhykeratkaisut ja arviot niiden vaikutuksista kasvihuonekaasu- ja lähipäästöihin, liikenteen sujuvuuteen ja elinkeinoelämään. Lisäksi on arvioitu ratkaisun toteuttamisedellytyksiä. (Helsingin kaupunki 2019)

Taulukko 2. Arvioidut vyöhykeratkaisut. (+ = vyöhykkeiden tavoitteita tukeva vaikutus; – = vyöhykkeiden tavoitteiden vastainen vaikutus; +/- = sekä tavoitteita tukevia että tavoitteiden vastaisia vaikutuksia; tyhjä solu = ei merkittäviä vaikutuksia.) (Helsingin kaupunki 2019)

	Ilmasto	Lähipäästöt	Liikenteen sujuvuus	Elinkeinoelämä ja kilpailukyky	Toteutettavuus
Euro-päästöluokkapohjainen vyöhyke raskaalle liikenteelle		++		+/-	+
Euro-päästöluokkapohjainen vyöhyke henkilöautoliikenteelle	+	++	+	--	--
Euro-päästöluokkapohjainen vyöhyke jakeliikenteelle		++		+/-	+
Nastarenkaiden käyttörajoitukset		+++	–		++
Nollapäästöisten ajoneuvojen vyöhyke	++	++	–		+/-
Huolto- ja jakeliikenteen toteuttaminen öisin	+	+/-	+	+	+/-
Työmaakoneiden päästörajoitukset	+	++		+/-	+
Biopolttoaineiden käyttö rakentamisessa ja kuljetuksissa	+++	+++		–	++

2.1.2 Tiemaksut

Kaupunkialueiden tiemaksuja (tietulleja, ruuhkamaksuja) on runsaasti käytössä Euroopassa ja koko maailmassa. Useimmiten ne kohdistuvat kaupunkien keskustoihin tai kokonaisille kaupunkiseuduille, eli ne koskevat tiettyä maantieteellisesti rajattua aluetta. Niille on useimmiten ollut perusteena joko rahoituksen kerääminen liikenneinvestointeihin tai kysynnän hallinta eli matkojen määrään, suuntautumiseen ja ajankohtaan vaikuttaminen. Kysynnän hallintaa tavoittelevista tiemaksuista käytetään usein nimeä ”ruuhkamaksu”. Toinen tyypillinen tiemaksujen soveltamistapa on yksittäisen kohteen kuten sillan tai tunnelin rahoittaminen maksuin, useimmiten taajamien ulkopuolella, mutta joskus myös taajamissa.

Kaupunkialueiden tietullit koostuvat useimmiten yhdestä vyöhykkeestä, mutta joskus vyöhykkeitä on useampia, kuten nykyään Oslossa. Vyöhykkeiden fyysiset rajat määritellään tarpeellisessa määrin digitaalisina.

Maksuvelvollisuus syntyy useimmiten rajan (tullikehän) ylittämisestä, joko toiseen suuntaan tai molempiin. Tällöin puhutaan vyöhykemaksujärjestelmästä. Maksu voi myös määräytyä alueella vietetyn ajan perusteella (aikaperusteinen maksujärjestelmä) tai sen mukaan, kuinka paljon ajoneuvoa käytetään alueen sisällä (alueellinen maksujärjestelmä). Maksu voi vaihdella ajan mukaan esimerkiksi ollen korkeimmillaan ruuhkaiseen aikaan ja matalimmillaan öisin ja viikonloppuisin, jolloin ei välttämättä kerätä maksua. Maksun suuruus voi myös riippuen teknologiasta vaihdella ajoneuvon ominaisuuksien mukaan (ajoneuvotyyppi, polttoaine, päästöluokka, koko ym.).

Yleisin käytetty teknologia on mikroaaltotekniikka (CEN DSRC 5,8 GHz), jolloin tienvarsiantenni tullikehän kohdalla vaihtaa tietoa kunkin ajoneuvolaitteen kanssa rekisteröiden rajan ylitykset. Vakiokäyttäjät rekisteröityvät asiakkaaksi ajoneuvolaitetta lunastaessaan. Valvonta ja satunnaisten matkaaajien rekisteröinti tapahtuu rekisteritunnusten tunnistuksella. Viimeksi mainittu teknologia on kehittymisen myötä vallannut alaa myös yksinomaaisena teknisenä ratkaisuna, joskin siihen liittyy suurempia riskejä maksujen perijän kannalta. Edellä mainitun tyyppiset ratkaisut ovat olleet esillä myös Helsingin seudun tiemaksuselvityksissä (esim. HSL:n julkaisu 4/2016 "Ajoneuvoliikenteen hinnoittelun teknistoiminnallinen selvitys"). Muut ratkaisut ovat vielä harvinaisia, joskin esim. Singaporen vielä toteutusvaiheessa oleva uusi järjestelmä pohjautuu satelliittipaikannukseen täydennettynä rekisteritunnusvalvonnalla. Suomessa v. 2013 valmistunut ns. Ollilan työryhmän valtakunnallinen kilometriveroehdotus (etäisyysperusteinen tiemaksujärjestelmä, LVM 2013) kaikille ajoneuvoille perustui myös ajatukseen satelliittipaikannusperusteisesta järjestelmästä. Vastaavia, mutta vain raskaita tavarankuljetusajoneuvoja koskevia, on maailmassa vain muutamia, joista Saksan ja Belgian järjestelmät ovat tunnetuimmat. Niissä tieverkko on jaettu tieosuuksiin, joiden pituus on tiedossa. Ajoneuvolaite paikantaa ajoneuvon sijainnin sellaisella tarkkuudella, että voidaan päätellä, mitä tieosuuksia se on käyttänyt ja sen pohjalta lasketaan yhteen matkan hinta.

Norja on kaupunkialueiden tiemaksujen edelläkävijämaa koko maailmassa. Bergen oli ensimmäinen kohde Euroopassa v. 1986. Sen jälkeen niitä on otettu käyttöön mm. seuraavissa kaupungeissa: Oslo (1990), Trondheim (1991), Bodø, Stavanger, Kristiansand ja Haugesund. Jokainen kohde on toteutettu oman lain turvin ja ominaista on toimilupien määräaikaisuus (usein 15 v). Järjestelmät ovat kuitenkin tavalla tai toisella jatkaneet toimintaansa uusien tavoitteiden määrittelyn ja niiden pohjalta uuden toimiluvan turvin. Tuotot käytetään kullakin seudulla laajasti liikennehankkeiden rahoittamiseen ja liikenteen haittojen torjumiseen. Pääasiallinen teknologia on mikroaaltotekniikka. Kaiken kaikkiaan Norjassa on 62 tietullijärjestelmää, joissa on yhteensä n. 230 "tulliasemaa".

Esimerkki tiemaksuista: Oslo

Oslossa on ollut käytössä tiemaksujärjestelmä vuodesta 1990. Sen alkuperäisenä tavoitteena oli seudun liikenneinvestointien rahoittaminen. Lainsäädäntö ei silloin edes sallinut maksujen keräämistä kysynnän ohjaamiseen. Kaupunkia ympäröivän tullikehän avulla on vuosien varrella kerätty tiemaksuja n. 4 Mrd. euroa. Tuotot on käytetty liikennejärjestelmän ja liikenneympäristön kehittämiseen, kuten tunneleiden rakentamiseen, pp- ja jk-verkkoon, joukkoliikenteeseen ja liikenneympäristöön. Määräaikaisiin toimituksiin on liittynyt tietty toimenpidepaketti ja kun se on toteutunut, on ollut pakko laatia uusi hyvin perusteltu paketti, jonka kansankäräjien tulee hyväksyä, jotta tiemaksujen keräämistä on voitu jatkaa.

Vuonna 2019 järjestelmään tehtiin suuri laajennus laajennetuilla tavoitteilla. Vanhan tullikehän, uuden sisemmän tullikehän säteittäisine ulokkeineen ja uuden ulomman kehän avulla synnytettiin vyöhykejärjestelmä (periaatteessa samankaltainen, kun on useaan otteeseen ehdotettu myös Helsingin seudulle). Tulliasemien määrä kasvoi 22:sta 83:een. Teknologiana on edelleen CEN-standardien mukainen DSRC mikroaaltokommunikointi ajoneuvolaitteen ja tulliasemalaitteiden välillä tulliaseman kohdalla. Valvontaan käytetään rekisteritunnuksen tunnistusta (ANPR). Järjestelmä on EETS-yhteensopiva ja ajoneuvolaite toimii suoraan myös monessa muussa maassa ja vastaavasti muut laitteet Oslossa.

Uuden järjestelmän tavoitteina on nyt myös vähentää henkilöautoliikennettä, parantaa sujuvuutta kaikille käyttäjäryhmille ja palvelutasoa erityisesti joukkoliikenteelle, vähentää päästöjä, parantaa kaupunkimiljöötä ja edelleen laajasti rahoittaa liikenne- ja joukkoliikenneinvestointeja. Maksu koskee nyt myös esim. sähkökäyttöisiä ajoneuvoja. Nykyinen toimitus koskee ajanjaksoa 2017–2036, jona aikana tuoton arvioidaan olevan 11 Mrd. euroa.

Maksu on differentioitu matkan ajankohdan ja ajoneuvon päästöominaisuuksien mukaan. Usean tulliaseman ohittaminen otetaan maksunmäärityksessä huomioon ja rekisteröidyille käyttäjille, joilla on AutoPASS -ajoneuvolaite, annetaan alennusta.



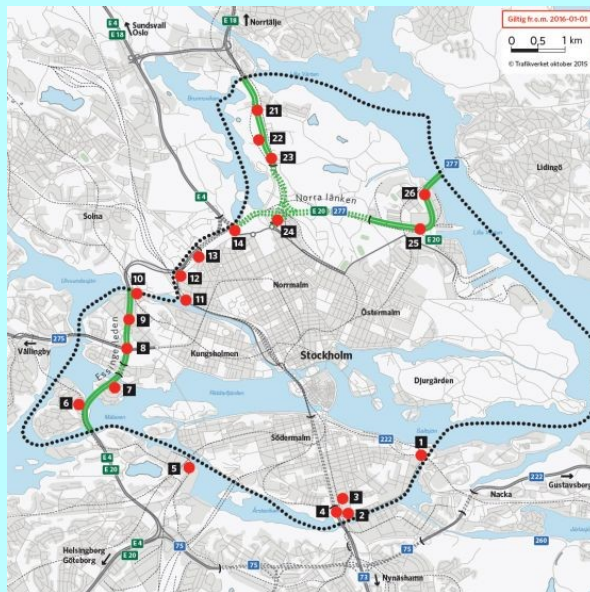
Lähteet: Statens Vegvesen; Fjellinjen; Røed

Ruotsissa on kaksi merkittävää kaupunkialueiden tiemaksutoteutusta: Tukholma ja Göteborg. Molemmat perustuvat rekisterilaatan tunnistukseen. Tarkoituksena on ruuhkien hillitseminen, haittojen vähentäminen ja keskustojen rauhoittaminen.

Esimerkki ruuhkamaksuista: Tukholma

Tukholman ruuhkamaksu otettiin koeluontoisesti käyttöön ½ vuoden ajan v. 2006. Paikallisen kansanäänestyksen jälkeen se vakinaistettiin v. 2007. Maksu koskee ajamista sekä keskustaan että Essingeledenillä. Maksujen piirissä ovat kaikki ruotsalaiset ja ulkomaalaiset ajoneuvot joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta. Pää tavoitteena oli vähentää keskustan ruuhkia, parantaa sujuvuutta ja keskustan miljöötä. Maksu kerätään kaikkina päivinä kello 06.00 – 18.29 paitsi pyhäpäivinä ja pääosan heinäkuuta. Maksu vaihtelee ajankohdan mukaan ja se veloitetaan jokaisen maksupisteen ohittamisesta, kunnes päivän kattomaksu 135 SEK (1.3 – juhannus, 15.8 – 30.11), muutoin 105 SEK, on saavutettu. Maksuja on nostettu muutaman kerran matkan varrella ja Essingeleden tuli maksulliseksi 2016. Järjestelmässä on käytetty sekä mikroaaltoteknologiaa että rekisterilaatan tunnistusta.

Ruuhkamaksu on valtiollinen vero ja se veloitetaan kerran kuukaudessa jälkikäteen veropäätöksen muodossa. Vuonna 2019 ruuhkamaksun tuotto oli n. 1,6 Mrd. kruunua.



Heti käyttöönoton jälkeen liikennemäärät laskivat, mutta järjestelmän pitkäaikaisia vaikutuksia on tutkittu vasta taannoin. On osoitettu, että liikennemäärät ovat pysyvästi laskeneet n. 20 %. Erityisesti yksityisautojen määrä on laskenut, kun ihmiset sopeuttavat elämäänsä tiemaksuihin. Tariffikorotukset eivät juuri ole vaikuttaneet liikennemääriin. Kun Essingeledenille 2016 asetettiin maksut, liikenne laski vain n. 6-7 %, koska korvaavia yhteyksiä ei ole. Mutta myös tällainen muutos lyhentää matka-aikoja merkittävästi. Ruuhkamaksut ovat erityisesti hyödyntäneet hyötyliikennettä. Ennen tariffikorotusta 2016 kansalaisten tuki oli yli 70 %, mutta laski korotuksen jälkeen n. 60 %:iin.

Lähteet: Transportstyrelsen, Miljöbarometern, Sievers, Vinnova

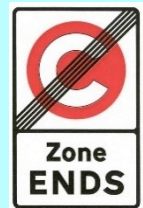
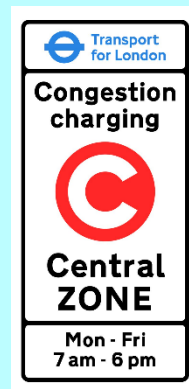
Lontoo on ehkä Euroopan merkittävin ja kuuluisin tiemaksujen kaupunkikohde. Maksut otettiin alun perin käyttöön 2003 Lontoon silloisen pormestarin Ken Livingstonen läpiviemänä valtuuksiensa turvin. Ruuhkamaksu on voimassa Lontoon keskustassa ja koskee lähes kaikkia ajoneuvoja joka päivä (paitsi joulupäivänä) klo 07–22. Vuosina 2007–2011 oli käytössä myös ns. läntinen

laajennus, mutta siitä luovuttiin. Tavoitteena on ollut vähentää ruuhkia, ilma- ja melusaasteita sekä tuottaa pääomia Lontoon liikennejärjestelmän kehittämiseksi.

Teknisesti järjestelmä on käytännössä sähköinen vinjetti, jota valvotaan rekisterilaatan tunnistuksella. Perusmaksu oli alun perin 5 £/vrk, nyt maksu on 15 £/vrk. Asukkailla on 90 % alennus. Sakot ovat kovat eli 80 – 160 - 240 £ riippuen siitä, millä aikataululla maksaa sakon.

Järjestelmään liittyy vuodesta 2019 ULEZ (Ultra Low Emission Zone), jolla tarkemmin säädellään maksusta ja pääsystä alueelle erilaisia päästöominaisuuksia omaaville ajoneuvoille.

Esimerkki ruuhkamaksuista: Lontoo



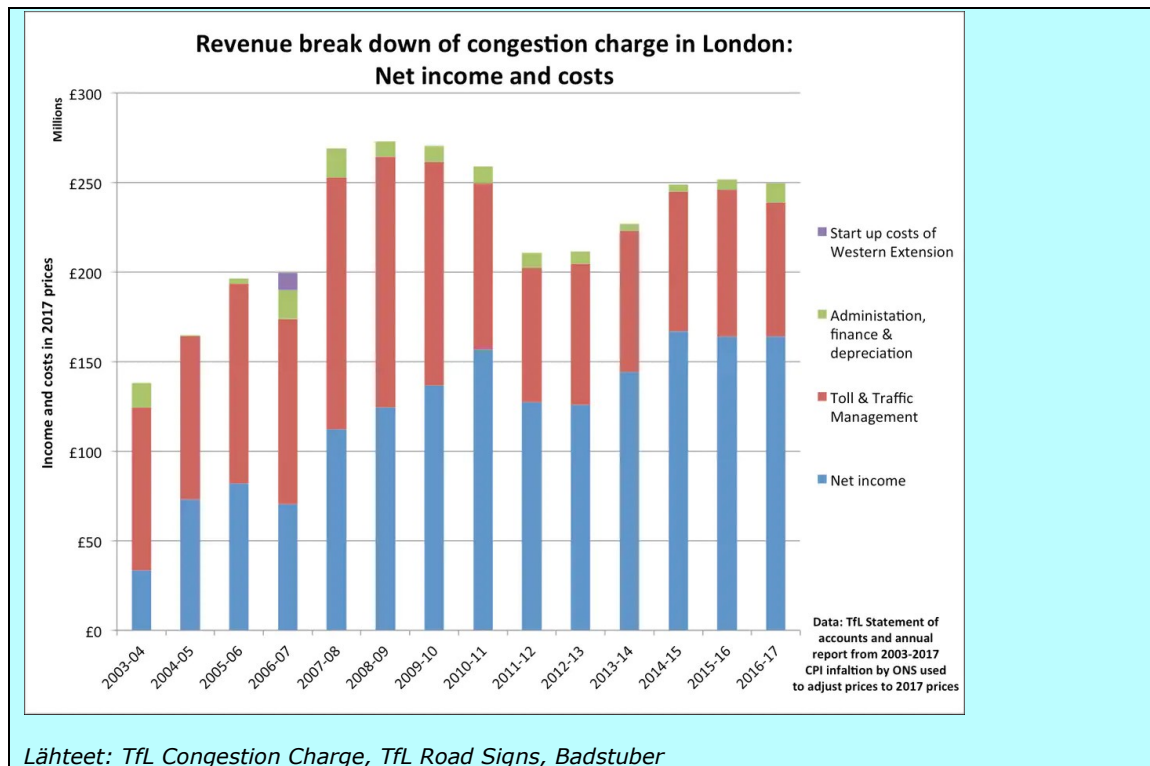
Kun ruuhkamaksu otettiin käyttöön v. 2003, toiveena oli ruuhkien väheneminen, radikaalisti parantuvat joukkoliikennepalvelut, ennustettavammat matka-ajat ja tehokkaampaa tavaroiden jakelua.

Keskeiset tunnusluvut kertovat menestyksestä. V. 2006 Transport for London (TfL) raportoi liikenteen vähentyneen 15 % ja ruuhkassa vietetyn hukka-ajan vähentyneen 30 %. Vaikutus on jäänyt pysyväksi tähän päivään saakka. Maksualueen liikenne on 25 % pienempi kuin 10 v sitten ja katualuetta on luovutettu jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden hyväksi.

Käyttöönoton yhteydessä lisättiin voimakkaasti bussiliikennettä ja vuoden päästä bussimatkustajien määrä aamuruuhkassa oli noussut 29 000 uudella matkustajalla. Vuoteen 2014 mennessä maksualueelle tulevien henkilöautojen määrä väheni 39 %. Taksien ja vuokra-autojen määrä on kuitenkin kasvanut 29 % vuodesta 2000 vuoteen 2016. Liikenteen, erityisesti bussien, ajonopeudet ovat siksi laskeneet, kun katutilaa on samalla annettu muuhun käyttöön.

Viranomaiset etsivät keinoja tehostaa liikennejärjestelmää mm. kehittämällä maksudifferentiaatiota esim. Tukholman tapaan. Nykyisen pormestarin tavoitteena on nostaa joukkoliikenteen osuutta keskustan läpi menevillä matkoilla 80 prosenttiin nykyisestä 2/3-osuudesta. Kun järjestelmää jatkossa kehitetään päämääränä parempi joukkoliikenteen sujuvuus ja suuremmat tuotot, mm. minitaksien erityisasemaan tullaan puuttumaan.

Järjestelmän operointikustannukset ovat edelleen hyvin korkeat. Nettotuotto nousi 5 vuodessa n. 100 miljoonaan puntaan ja on nyttemmin stabiloitunut tasolle 150 M£.



Väkirikas ja pienikokoinen kaupunkivaltio Singapore on ehkä tunnetuin kohde Euroopan ulkopuolella ja maailman ensimmäisiä tämän kaltaisia toteutuksia. Jo vuonna 1975 liikennettä keskusta-alueella rajoitettiin lisensoilla (ALS – Area Licensing System) eli paperivinjetillä, jonka seurauksena keskustan liikenne rauhoittui, mutta järjestelmä aiheutti useita ei-toivottuja muutoksia käyttäytymiseen. Järjestelmään tehtiin siksi 1990-luvulla lukuisia korjaavia toimenpiteitä kuten Weekend Car Scheme 1991, Off Peak Car Scheme 1994 ja 1995 maksullistettiin yksi ruuhkainen moottoritie. 1998 siirryttiin lopulta sähköiseen tiemaksujärjestelmään, joka perustui mikroaaltoteknologiaan (ERP – Electronic Road Pricing). Vuodesta 2008 säädetään tie- ja katuverkon sujuvuutta optimaaliselle tasolle maksutasoa säätämällä.

Järjestelmää ollaan parhaillaan uusimassa satelliittipaikannuspohjaiseksi ja käyttöönotto, joka on useita vuosia myöhässä, on näillä näkymin 2023.

Esimerkki ruuhkamaksuista: Singapore

Singaporen ALS vinjettitoteutuksen (v. 1975) tavoitteena oli vähentää keskustaan suuntautuvaa liikennettä. Päivälisenssin hinnaksi asetettiin 3 S\$/päivä, jota perittiin keskustaan ajamisesta 07.30 - 09.30. Sillä oli sekä toivottuja että ei-toivottuja seurauksia. Tavoite oli 25 % vähennys aamuruuhkaliikenteessä keskustaan ja oletettiin, että tämä aiheuttaa vastaavan vaikutuksen myös iltapäiväruuhkassa. Liikenne väheni kuitenkin rajoitustunteina 43 % ja peräti 76 % niiden ajoneuvojen osalta, joihin maksut kohdistuivat. Syntyi myös uusia käyttäytymistäpoja: osa autoilijoista siirsi matkan ajankohtaa juuri ennen tai jälkeen rajoitusajan; osa siirsi matkansa ohitusteille; odotettu "peilivaikutus" iltapäiväruuhkassa jäi toteutumatta. Autoilijat eivät juuri muuttaneet paluumatkansa ajankohtaa ja osa ohitusteille siirtyneistä teki paluumatkan keskustan kautta. Seurauksena oli siis ruuhkien siirtyminen muualle ja keskustaan johtavien yhteyksien suuri alikäyttö aamuruuhkassa. Järjestelmään tehtiin siksi 1990 luvulla useita muutoksia ja hintoja säädeltiin. Järjestelmä tuli monimutkaiseksi käyttäjille ja sitä oli lähes mahdoton valvoa manuaalisesti. Lopulta päädyttiin ERP:n käyttöönottoon 1998. Keskeinen teknologia on mikroaaltoteknologia. Tienvarsiantennit vaihtavat tietoa ajoneuvolaiteen kanssa, joka on pakollinen mutta maksuton, perien maksun siinä olevalta maksukortilta. Jokaisessa 93 maksupisteestä on kaksi portaalia, joista ensimmäisellä veloitetaan maksu ja toisella hoidetaan valvonta rekisterilaatan tunnistuksella. Maksun suuruus riippuu ajoneuvon ominaisuuksista, ajankohdasta ja tullipisteen sijainnista. Yleisellä tasolla tariffeja on vuodesta 2008 säädelty siten, että eri teiden liikennemäärät ja liikennevirran nopeus pysyvät optimaalisina. ERP:stä on muodostunut hallinnolle keskeinen liikenteen hallinnan työkalu. Maksuilla sisäistetään liikennöinnin aiheuttamia ulkoisia kustannuksia ja autoilijoiden tietoisuus autoilun todellisista kustannuksista nousee.

Maksujen tasoa säädetään väyläkapasiteetin mukaan siten, että vältetään ”stop and go” tilanteita. Määritellyt rajanopeudet ovat moottoriteillä 45 km/h ja muilla pääteillä 20 km/h. Maksuja säädetään siten, että 85 % autoilijoista voivat käyttää vähintään mainittuja nopeuksia.



Lähteet: Phang, Singapore Ministry of Transport

2.1.3 Muut toteutukset

Ajoneuvojen pääsyn rajoittamisella voidaan liikenteen ulkoisvaikutusten hillitsemisen ja rahoitustuottojen keräämisen lisäksi tähdätä esimerkiksi tiettyjen palvelujen rajaamiseen.

Euroopassa varsinkin Saksassa ja Italiassa on käytössä suuri määrä muita toimenpiteitä. Alla on listattu joitakin esimerkkejä. Huomionarvoista on se, että Helsingin nykyinen ympäristövyöhyke, joka rajoittaa raskasta liikennettä keskustassa olisi Urban Access Regulations in Europe -sivuston perusteella pikemminkin muu toteutus kuin päästörajoitettu alue. Raskaan liikenteen rajoitukset ovat hyvin yleisiä Euroopassa. Raskaan kaluston pääsyä esimerkiksi arkisin tai viikonloppuisin kaupunkien keskustoihin säädelään.

Toulousessa Ranskassa jakeluautojen pysähtymisaikaa rajoitetaan. Kaikkia jakeluautoja koskee 20 minuutin pysähtymisrajoitus. Pysähtymisen alkamisaika ilmoitetaan pysäköintikiekolla. Sähköiset ajoneuvot ja alle 9 metriä pitkät jakeluajoneuvot voivat anoa pidennettyä pysähtymisaikaa.

Sveitsin Saas-Feessa ei sallita ajoneuvoliikennettä keskustassa. Tämän vuoksi tarjotaan maksuttomia joukkoliikennepalveluita, jotka toteutetaan sähköbusseilla. Lisäksi taksien käyttövoimana toimii sähkö.

Itävallassa A12-tiellä nopeusrajoitukset vaihtuvat päästötilanteen mukaan, raskaalla kalustolla on ohituskielto, raskaan kaluston liikenne öisin on kielletty ja nopeusrajoituksia lasketaan öisin. Lisäksi alueittain tiettyjen tuotteiden kuljettaminen yli 7,5 tonnin ajoneuvoilla on kielletty.

Useissa kaupungeissa historialliset keskustat on rajattu ajoneuvoliikenteen ulkopuolelle. Toteutukset vaihtelevat: osalla alueista sallitaan osa

ajoneuvoliikenteestä tai ajokielto on sidottu vuorokaudenaikaan. Esimerkki toteutuksista löytyy muun muassa Parmasta, Torinosta ja Gentistä. Lisäksi osa kaupungeista raja osan kaupungista vain pyöräilyn ja jalankulun käyttöön, kuten Lodz tai Groningen.

Nastarenkaiden käyttökiellot listataan myös muihin toteutuksiin. Ruotsissa ja Norjassa on jo käytössä useita nastarenkaiden kieltoja. Ruotsissa ne koskevat usein vain yksittäisiä katuja.

Espanjan Barcelona on yksi esimerkki suurkorttelien (superblocks) käytöstä. Ainoastaan asukkailla on pääsy suurkorttelin alueelle ajoneuvolla. Lisäksi nopeus- ja painorajoitukset ajoneuvoille rajaavat liikennettä. Vitoria Gasteizissa (Espanja) on valmisteilla toinen suurkorttelimallia soveltava kaupunki.

2.2 Geoaitaaminen

Geoaitaamisella tarkoitetaan fyysisen alueen rajaamista virtuaalisesti siten, että järjestelmä reagoi silloin, kun käyttäjä ylittää rajan tai on sen sisällä.

Geoaitaaminen vaatii digitaalista karttaa, palvelulle riittävän tarkkaa paikantamista, käyttäjän/kohteen tunnistamista, palvelun taustajärjestelmää ja käyttäjäpäättettä sekä tietoliikennettä näiden välillä. Geoaitaaminen voi kohdistua joko itse aitaan virtuaalisten porttien avulla (esim. tiemaksut), maantieteelliseen alueeseen tai väyliin perustuviin käytäviin. (Arnesen & Seter 2019)

Tällä hetkellä ei ole käytössä yhteisiä geoaitaamisen standardeja, jotka määrittäisivät esimerkiksi, missä muodossa tieto geoaitaamisjärjestelmistä pitäisi säilyttää ja esittää. Standardointi onkin tulevaisuudessa tärkein askel geoaitaamisen yleistymisessä. Myös ajoneuvojen ja infrastruktuurin välisen tietoliikenteen standardointi puuttuu. Geoaitaamisesta ei vielä ole EU-tasollakaan sääntelyä tai lainsäädäntöä. Geoaitaamiseen soveltuva tekniikka voi yleistyä ajoneuvoissa, mikäli sille asetetaan vaatimus. (WSP Sweden 2020)

2.2.1 Alueellinen rajaus

Luvussa 2.1 käsiteltyjä ajoneuvon pääsyn säätelyn toteutuksia olisi teoriassa mahdollisuus toteuttaa geoaitaamalla. Ajoneuvolla olisi tieto (staattinen tai dynaaminen) erilaisista rajoituksista, jotka koskevat kyseistä ajoneuvoa sen massan, päästöjen ja käyttövoiman perusteella. Rajoitukset voivat myös vaihdella ajallisesti. Tämän jälkeen automaattiajajärjestelmä estäisi automaattiajoneuvon siirtymisen alueelle, ajoneuvo ilmoittaisi rajoitetulle alueelle saapumisesta tai esimerkiksi hybridiajoneuvojen kohdalla valitsisi käyttövoiman.

Henkilöautoliikenne

Norjassa on tutkittu geoaitaamisen käyttöä ilmanlaadun hallintakeinona. Käyttötapoja tunnistettiin kaksi: ajoneuvoille annetaan tieto alueesta, ja mikäli ajoneuvo ei täytä vaatimuksia, alueen käytöstä veloitetaan maksu. Ajoneuvon kuljettajalle asiasta voidaan ilmoittaa jo aluetta lähestyessä. Toinen tunnistettu vaihtoehto on ohjata hybridiajoneuvot käyttämään vain sähköä vähäpäästöisellä vyöhykkeellä. (Foss ym. 2019, Foss ym. 2020)

Hybridiajoneuvojen alueelliset sovellukset

Esimerkiksi Ford Transit PHEV-ajoneuvoissa on elokuusta 2020 alkaen mahdollista hyödyntää geoaitaamista. Ajoneuvo siirtyy automaattisesti käyttämään ensisijaisesti akustoa sen ollessa vähäpäästöisellä vyöhykkeellä. Vastaavia toteutuksia löytyy myös muilta autovalmistajilta. Esimerkiksi BMW:n eDrive-malliston PHEV-ajoneuvot käyttävät akustoa ensisijaisena voimanlähteenä, kun ne tunnistavat ajoneuvon olevan vähäpäästöisellä vyöhykkeellä. BMW:n toteutus on käytettävissä 58 saksalaisella alueella ja kaupungissa, joissa on määriteltynä vyöhyke. Sen lisäksi tuettuna on 20 muuta aluetta Itävallassa, Sveitsissä, Hollannissa, Belgiassa ja Ranskassa. Myös Lontoon ULEZ-alue on saatavilla. Listaa laajennetaan tulevaisuudessa. Päivittäminen on kuitenkin autovalmistajan vastuulla. Ominaisuus tarjottiin myös jo myytyihin PHEV-malleihin ilmaiseksi. BMW on myös pelillistänyt taloudellisen ajamisen. Kun kuljettaja ajaa ekologisesti, hän tienaa pisteitä, joilla saa BMW:ltä vastineeksi palkintoja. (BMW Group 2020, Ford 2020, Middleton 2020)

Geoaitaamista voitaisiin jo nyt käyttää pysäköintijärjestelmissä, esimerkiksi keräämällä tietoa vapaiden pysäköintipaikkojen määrästä laskemalla geoaidan sisällä olevien ajoneuvojen määrä. Rinne ja Törmä (2014) esittelivät pysäköintisovelluksen, joka perustuu käyttäjien älypuhelimien liikeantureihin: Anturien perusteella järjestelmä kykeni päättämään, milloin älypuhelimien haltija käveli tai oli autossa. Kun käyttäjän liike autossa pysähtyi ja liike muuttui kävelyksi, auto oletettiin pysäköidyn. Pysäköintialueet tunnistettiin palvelussa geoaitojen avulla.

Geoaitaamalla on myös mahdollista toteuttaa muitakin rajoituksia. Norjassa on tutkittu geoaitaamisen avulla asetettavia nopeusrajoituksia esimerkiksi alueilla, joilla liikkuu koululaisia. Toteutusvaihtoehtoja tunnistettiin kaksi: 1) ajoneuvojen nopeuksia alueen sisällä valvotaan ja rajoitusten rikkojille annetaan välittömästi ilmoitus rajoitusten ylittämisestä ja 2) ajoneuvon nopeusrajoitin estää ajoneuvon nopeuden nostaminen rajoituksen yläpuolelle. Myös sähköpotkulautojen kohdalla nopeusrajoitukset ovat usein alueellisia ja dynaamiset vyöhykkeet on mahdollista toteuttaa geoaitaamalla. Tällöin tarvitaan kuitenkin kaksisuuntaista tietoliikennettä ajoneuvojen ja infrastruktuurin, sekä kuljettajan ja infrastruktuurin välillä, jotta sekä ajoneuvo että sen kuljettaja saavat tiedon muutoksista eri kanavien kautta, kuten karttojen ja tieviittojen avulla. (Foss ym. 2019, Foss ym. 2020)

Vuokra-autojen seurantaan on kehitetty geoaitaamissovelluksia mm. Google maps:iin perustuen. Palveluissa on mahdollista mm. estää ajoneuvon käynnistäminen geoaidan ulkopuolella. (Agustine ym. 2015)

Useat sovellukset sisältävät autovarkauksien estämisen ja havaitsemisen (mm. Tarun j& Radhika 2014). Tämän lisäksi palveluun voi sisältyä rattijuoppouden havaitseminen (Dalai 2013) tai liikenneonnettomuuksien havaitseminen ja raportointi (Karim & Singh 2013). Näitä varten ajoneuvoon tarvitaan palveluihin liittyviä lisäantureita.

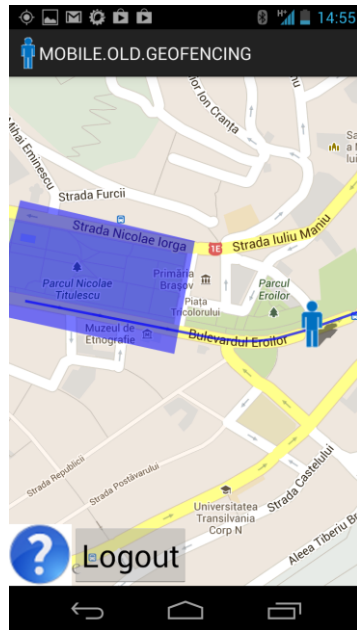
Tavaraliikenne

Tavaraliikenteessä geoaitaamista on käytetty selvittämällä paikantimilla varustettujen kuorma-autojen terminaaleissa elintarvikekuorman purkuun tai lastaamiseen kulunutta aikaa (Ploos van Amstel 2013). Menetelmällä voidaan myös selvittää konttien siirtämistä satamissa ja terminaaleissa (Tioga Group 2011).

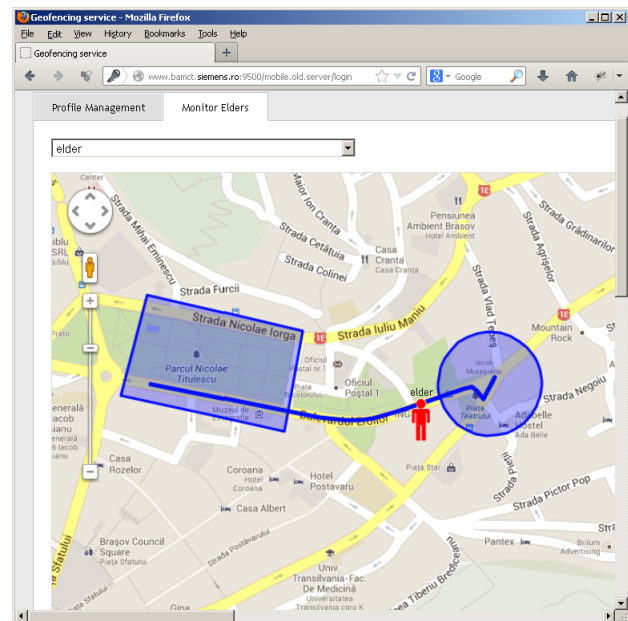
Liikkuvan kaluston (ajoneuvot, työkonet, jne.) hallintaan kehitetyissä järjestelmissä seurataan kaluston sijaintia ja laaditaan sen perusteella raportteja ja tilastoja. Niihin voi liittyä osana geoaitaaminen. Esimerkiksi MAMS-järjestelmässä (Mobile Asset Management System) kukin käyttäjä voi ohjelmoida tarkkailtavalle kohteelle yli 200 geoaidattua vyöhykettä, jolle saapumisesta tai jolta poistumisesta saa ajantasaisen tiedon (Nasui ym. 2014).

Kävely

Sovelluksia on kehitetty myös kävelyyn ja pyöräilyyn, kuten muistisairaiden ihmisten liikkumisen ja sijainnin valvontaan. Järjestelmä tuottaa hälytyksen, jos tarkkailtava henkilö poistuu geoidatun alueen kuten hoitolaitoksen piha-alueineen ulkopuolelle (Scheider ym. 2016, Tarnauca, ym. 2013). Varoitus alueelta poistumisesta ja opastus takaisin geoidatulle alueelle toimitetaan sekä tarkkailtavalle henkilölle että hänen omaisilleen tai hoitajilleen (kuva 4).



A



B

Kuva 4. Muistisairaiden henkilöiden geoaitaamisovelluksen käyttöliittymä A) tarkkailtavalle henkilölle ja B) hänen omaiselleen tai hoitajalleen (Tarnauca ym. 2013).

Sähköpotkulaudat ja -pyörät

Sähköpotkulaudat ja -pyörät ovat yleistyneet viime vuosina merkittäväällä tahdilla. Niiden toimintaa hallitaan usein erilaisilla geoaitamisen teknologioilla. Kansainvälisesti monissa kaupungeissa on päädytty asettamaan rajoituksia niiden toiminnalle turvallisuuden takaamiseksi.

Geoaitamisen avulla pyritään muun muassa hallitsemaan ajonopeuksia alueellisesti, rajoittamaan pysäköintiä ruuhkaisilla alueilla tai rajoittamaan toiminta-alueita. Lisäksi geoaitamisen avulla voidaan esimerkiksi estää potkulaudan tai pyörän käyttö tietyillä väylillä, puistoissa tai rakennusten sisällä, kuten ostoskeskuksissa. Joillakin toteutuksilla pyritään tunnistamaan myös jalkakäytävillä ajaminen. Geoaitamisen avulla voidaan myös ehkäistä pysäköityjen sähköpotkulautojen tai -pyörien kasautumista tietyille alueille säätelemällä pysäköintimahdollisuuksia tai houkutella jättämään ajoneuvoja tietyille alueelle tarjoamalla ajoneuvojen siirtämisestä krediittejä. (Caltrans 2020)

Kokemukset Yhdysvaltojen useista kaupungeista sähköpotkulautojen ja -pyörien geoaitamisen osalta ovat pääsääntöisesti hyviä ja ne toimivat oletetulla tavalla. GPS-pohjaisten ratkaisujen tarkkuus vaihtelee, jolloin ilmoitus käyttäjälle kielletystä alueesta tai nopeuden automaattinen hidastaminen voi joskus tapahtua viiveellä. Geoaitamista on toteutettu pääsääntöisesti kahdella tavalla: potkulaudan omalla GPS-vastaanottimella tai käyttäjän matkapuhelimen paikannusta käyttämällä. Geoaitaminen olisi teknisesti mahdollista myös Bluetooth-tukiasemien avulla, mutta kyseistä tekniikka ei sovelleta ainakaan Yhdysvalloissa tehdyn selvityksen

mukaan. GPS:n epätarkkuudet johtavat sekä käyttäjien että rajoitusten asettajien kannalta haasteisiin. Osa käyttäjistä ei saa pysäköityä potkulautaa sallitulle alueelle, koska GPS:n paikannuksen perusteella he ovat viereisellä rajoitusalueella. Toisaalta osa käyttäjistä on kyennyt ajamaan kuin geoaitaa ei olisikaan ollut, koska paikannus ei onnistu, esimerkiksi sen vuoksi että käyttäjä on estänyt GPS-signaalin. Erityisesti haasteita paikannussignaalin estämisestä syntyy käytettäessä matkapuhelinten paikannusta, koska lentokonetila estää maa-asemien tukeman satelliittipaikannuksen käyttämisen. (Caltrans 2020)

Osa operaattoreista kehittää yhteistyössä kaupunkien kanssa geoaitaamisteknologiaa eteenpäin siten, että se mahdollistaisi jalkakäytävillä ajamisen rajoittamisen. Tämänkaltaiseen geoaitaamiseen saatetaan tarvita esimerkiksi Bluetooth-tekniikkaan perustuvia paikannusmenetelmiä. Operaattorit myös toivovat, että kaupungit tekisivät yhteistyötä kaikkien toimijoiden kanssa ja jakaisivat geoaitatietoja toimijoiden välillä. Tällöin eri toimijoiden kesken rajoitukset olisivat yhtenäiset ja rajoituksia voidaan yhteistyössä hioa niin, että paikannuksen epätarkkuudesta huolimatta sallitulla alueella liikennöinti ei häiriintyisi viereisistä rajoitusalueista.

Suomessa kunnat ja kaupungit ovat asettaneet rajoituksia ja ohjeistuksia sähköpotkulautojen käytölle. Esimerkiksi Tampereen kaupunki on laatinut ohjeistuksen sähköpotkulautoja tarjoaville yrityksille. Kaupunki ei lähtökohtaisesti rajoita, millä alueilla palvelua saa tarjota. Potkulautoja ei kuitenkaan saa pysäköidä ajoneuvoliikenteen kulkuväylille, toreille tai kevyttä liikennettä haittaavasti. Kaupunki on rajoittanut sähköpotkulautojen pysäköintiä joillekin alueille esteettömyyden takaamiseksi. Operaattoreiden tulee sitoutua päivittämään järjestelmiinsä nämä rajoitukset. Lisäksi kaupunki on määrännyt kävelykaduille, jalkakäytävillä, toreille ja vastaaville alueille 10 km/h nopeusrajoituksen, suurimman sallitun nopeuden 25 km/h sijaan. Operaattoreiden tulee tarjota tekninen ratkaisu näiden toteuttamiseen ja usein se merkitsee geoaitaamista. Myös toiminta-alue tulee geoaidata ja esittää käyttäjille selkeästi. (Tampereen kaupunki 2019)

Myös Helsingin kaupungilla on ohje sähköpotkulautoja ja asemattomia kaupunkipyöriä ja muita liikkumisvälineitä varten. Sen mukaan operaattoreiden tulee varautua toiminta-alueen rajaamiseen. Esimerkiksi laiturialueet tulee rajata niin, että pysäköinti niille ei ole mahdollista, samoin muut erittäin vilkkaat jalankulut alueet tulee rajata. Myös nopeusrajoitusten asettaminen alueellisesti tai pysyvästi on ominaisuus, jota kaupunki toivoo ohjeissa operaattoreilta, mutta ei kuitenkaan vaadi sitä. (Helsingin kaupunki 2019b)

Miehittämättömät ilma-alukset

Ilmailualalla on tapahtunut suuria muutoksia miehittämättömien ilma-alusten eli dronejen yleistymisen myötä. Aiemmin tarkasti säädeltyyn ja harvojen käytössä olleeseen ilmatilaan on ilmestynyt niin ammattilaisten kuin tavallisten kansalaisten ohjastamia droneja. Miehittämättömän lentoliikenteen geoaitaamisen tarpeellisuus nousi esille erityisen selvästi vuonna 2018, kun droneilla tehty häiriköinti johti siihen, että Lontoon Gatwickin lentokenttä jouduttiin sulkemaan kesken jouluruuhkan.

Geoaitaaminen on yksi tutkimuskohteista U-Space-hankkeessa, jolla tavoitellaan ATM (Air Traffic Management) ja UTM (Unmanned Traffic Management) -järjestelmien eli uudenlaisen miehittämättömän ilmailun hallittua integrointia samaan ilmatilaan muun lentoliikenteen kanssa jopa lentoasemaympäristössä.

U-Space-hankkeen tähän mennessä saatujen tulosten mukaan geoaitaaminen on jo mahdollista useimmissa kaupallisissa droneissa. Nykyinen teknologia soveltuu

kuitenkin vain staattisten geoaitojen käyttämiseen. (SESAR Joint Undertaking 2020, Traficom 2020)

Markkinoilla on myös kehittyneempiä geoaitaamispalveluita, mutta geoaitaamiseen ei ole vielä standardeja. Tulevaisuudessa geoaitaaminen on dynaamista eli geoaidatun alueen sijaintia ja 3D-muotoa voidaan muuttaa ilmatilan muun käytön vuoksi tarvittaessa, mutta nykyisillä teknologioilla se ei ole vielä mahdollista toteuttaa. Merkittävin syy on matkapuhelinverkkojen heikko toimivuus ilmatilassa, sillä signaali heikkenee tukiasemien yläpuolelle siirryttäessä nopeasti. Dynaamisen geoaitaamisen uskotaan kuitenkin yleistyvän voimakkaasti lähivuosina, koska sillä on keskeinen rooli näkökentän ulkopuolella tapahtuvassa operoinnissa. (SESAR Joint Undertaking 2020, Traficom 2020)

Geoaitaamisella on keskeinen rooli miehittämättömien ilma-alusten turvallisessa operoinnissa. Sen avulla voidaan ehkäistä miehittämättömien ilma-alusten yhteentörmäyksiä, varoittaa kielletylle alueelle lentämisestä tai määritellyltä alueelta poistumisesta. (SESAR Joint Undertaking 2020, Traficom 2020)

2.2.2 Väylä- ja reittikohtainen rajaus

Geoaitaamista voidaan hyödyntää myös tiemaksujärjestelmissä. Geoaitojen perusteella voidaan luoda maksuportteja tai maksualueita, joiden perusteella tienkäyttäjää voidaan veloittaa tieverkon käytöstä. (Arnesen & Seter 2019)

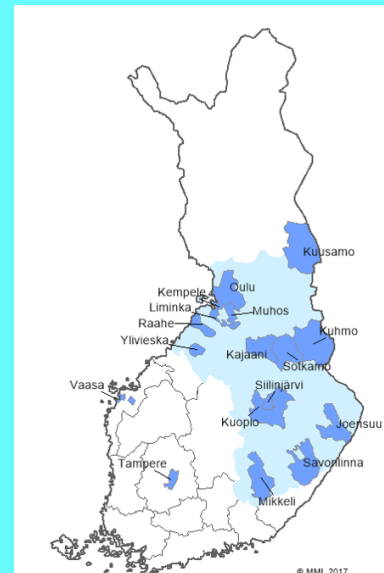
Geoaitaamalla voidaan mahdollistaa myös hälytysajoneuvojen nopeampi pääsy kohteeseen. Liikennevaloja voidaan ohjata sen perusteella, millä alueella hälytysajoneuvo liikkuu ja tämän tiedon perusteella alueen liikennevalojen ohjauksella mahdollistetaan hälytysajoneuvoille vihreä aalto. (Arnesen & Seter 2019) Suomalaisen HALI-sovellus perustuu myös geoaitaamiseen (Talvi 2020).

HALI: hälytysajoneuvojen liikennevaloetuedet

Järjestelmä on alun perin kehitetty Oulussa mutta se on levinnyt laajalti Suomeen karttakuvan mukaisesti (Kuntaliitto 2020)

Yhdessä liittymässä on 3-10 virtuaalisesti aidattua aluetta, jotka on parametroitu. HALI-järjestelmä kytketään erikseen päälle ajoneuvon ollessa hälytysajossa. Ajoneuvot lähettävät sekunnin välein paikka-, suunta-, ja suuntavilkutietoa. Parametriehtojen täytyessä lähetetään ohjauskäskyjä liikennevaloille tavoitteena tarjota hälytysajoneuvoille aina vihreä valo niiden saapuessa valo-ohjattuun liittymään. (Talvi 2020)

Siten hälytysajoneuvon kuljettaja saa ajaa mitä reittiä tahansa ja liikennevalot vaihtuvat aina automaattisesti vihreäksi riittävän kaukaa. Järjestelmä kehittyy siihen suuntaan, että kyseessä olisi vain ohjelmistopäivitys ajoneuvotietokoneisiin ja liikennevalokojeeisiin. Järjestelmä olisi siten hyvin kustannustehokas. (Talvi 2020)



Geoaitaaminen soveltuu myös kunnossapidon hallintaan. Nait-Sidi-Moh ym. (2015) kehittivät talvikunnossapitoajoneuvojen ohjausjärjestelmän, johon hoidettava tieverkko oli geoaidattu. Geoaitauksen tavoitteena oli hoidettavan tieverkon kunnon ajantasainen hallinta. Aura-autojen sijaintia seurattiin ajantasaisesti. Samalla ylläpidettiin värikoodattua karttaa, johon auratut tieosuudet oli merkitty vihreällä ja auraamattomat punaisella. Tavaraliikenteen käytössä geoaitaamiselle on useita käyttökohteita. Geoaitaamalla reittejä voidaan

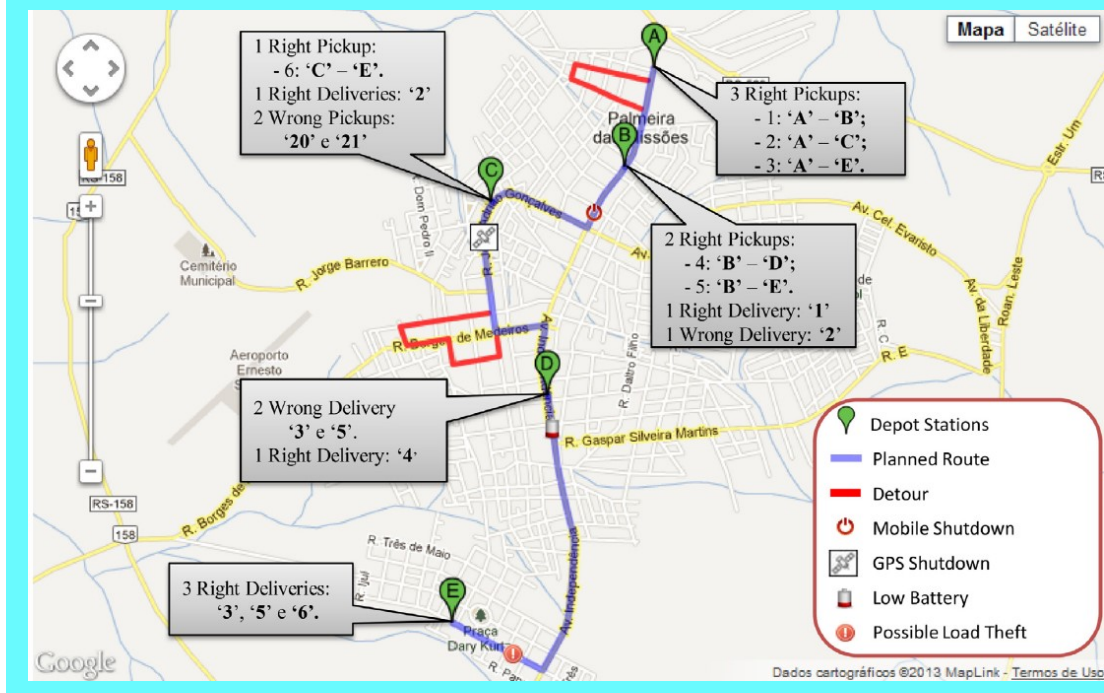
havaita, mikäli vaarallisia aineita kuljettavat ajoneuvot poikkeavat reitiltään tai ajavat asutusalueille (Arnesen & Seter 2019). Samoin voidaan yleensä valvoa, että kuljetukset pysyvät suunnitelluilla reiteillä (Aloquili ym. 2009, Kasture ym. 2014). Oliveira ym. (2015) kehittivät SafeTrack-järjestelmän jakelukuljetusten hallintaan. Se valvoo geoaitaamisen avulla mm. sitä että tavaraerät jätetään oikeisiin kohteisiin ja jakeluauto pysyvät sovitulla reiteillä ja aikatauluissa.

SafeTrack (Oliveira ym. 2015)

Järjestelmä perustuu RFID-tunnistukseen, matkapuhelintiedonsiirtoon, satelliittipaikannukseen ja geoaitaamiseen. SafeTrack on ajokaluston hallintasoftware josta on viisi pääosaa: Delivery Provider (jakeluyhtiö), Website Monitoring and Management (seuranta ja hallinta), SafeTrack Server (palvelin), Carrier Station (jakeluauto) ja Depot Station (varasto). Lisäksi kuljetettavaa tavaraa varten on kehitetty moduli Goods Manager ja jakelureittejä varten Delivery Optimizer.

Geoaitaamisessa hyödynnetään POI-konseptia (Point Of Interest) kuvaamaan jakelukohteita eli varastoja sekä jakelureittien aitaamista. Kunkin varaston kohdalle merkitään lisäksi tieto sinne vietävistä ja sieltä haettavista tavaraeristä. Kussakin jakeluautoissa on oma saattomuisti, jonka avulla varastot tunnistavat sen ja sallivat sille tarvittaessa pääsyn tiloihinsa. Vastaavasti kussakin tavaraerässä on oma RFID-saattomuisti, jonka avulla autossa ja varastossa olevat lukijat tunnistavat ne ja niiden saapumisen tai poistumisen.

Järjestelmän avulla optimoidaan jakelut, seurataan niitä ja reagoidaan sen tuottamiin hälytyksiin mm. reittipoikkeamista ja jakeluvirheistä.



Yhdysvaltojen ja Kanadan rajalla on käytetty geoaitaamista kuorma-autojen rajanylitysten hallintaan ja seurantaan jakamalla raja-alueet rajanylitysprosessien eri osien mukaisiin alueisiin. Tarkastelluissa kuorma-autoissa oli erityiset satelliittipaikannuslaitteistot. Tällaisessa sovelluksessa osoitettiin tärkeäksi asettaa geoaidat täsmälleen oikeille kohdille kun aidan molemmilla puolilla on tarkasteltava alue. (McCord, ym. 2017)

Intiassa on ehdotettu tietulliaukioiden ruuhkautumisen estämiseksi automaattiportteja, jotka toimivat geoaitojen avulla. Järjestelmä aktivoituu ja tunnistaa käyttäjän tämän älypuhelimien SIM-kortin avulla 200 metrin etäisyydellä tulliporista ja avaa portin käyttäjän ollessa 5 metrin etäisyydellä siitä laskuttaen samalla käyttäjän tiliä tullimaksulla. (Nagothu 2016)

Geoaitaamista on käytetty myös turvallisuuden edistämiseen varoittamalla tienkäyttäjiä heidän saapuessaan tieosuudelle, jossa on havaittu villieläimiä. Tällainen geoaitaamiseen perustuva varoitus on vaihtoehto vastaaville C-ITS-varoituksille. Geoaitaamista on käytetty kirjallisuudessa myös tutkimaan liikennettä liittymä- ja risteysalueilla, määrittelemällä alue ja tutkimalla ajoneuvojen paikannustietoja. (Arnesen & Seter 2019)

2.2.3 Muut käyttötavat

Geoaitaamiselle on myös käyttöä kaupallisissa tarkoituksissa, esimerkiksi kuljetusalalla. Sitä voidaan hyödyntää kalustonhallintaan ja toiminnanohjaukseen. Se on osa laajempaa paikkatiedon hyödyntämistä tietovarantona yritysten toiminnassa. Geoaitaamistermin alle mahtuu useita erilaisia toimintoja, joita yritykset voivat olla kiinnostuneita soveltamaan kalustonhallinnassa ja toimintojen seuraamisessa. Geoaitaaminen on erityisesti yritysten ajojärjestelijöiden ja -suunnittelijoiden apukeino ohjata ajoneuvoja tai seurata reitiltä poikkeamista. Geoaitaaminen on jo vastaavassa käytössä meriliikenteessä. (Dolby 2017, VDO 2020)

Geoaitaamista voidaan hyödyntää kalustonhallintaan ja -valvontaan. Hallintasovellus voidaan esimerkiksi säätää hälyttämään, mikäli kalustoa siirretään sovitun alueen ulkopuolelle. Tällä tavoin voidaan esimerkiksi valvoa käyttöehtojen noudattamista. Toisaalta geoaitaamisen avulla voidaan myös valvoa, että kuljetukset pysyvät sovitulla reitillä. Mikäli ajoneuvo poikkeaa määrätystä alueelta tai reitiltä, siihen voidaan ottaa yhteyttä tilanteen selvittämiseksi. (Dolby 2017, VDO 2020) Geoaitaaminen sopii myös muiden kuin yrityskäytössä olevien autojen valvontaan. Geoaitaamisen avulla on mahdollista esimerkiksi ehkäistä autovarkauksia. (Foss ym. 2019)

Geoaitaaminen mahdollistaa myös erilaiset käyttöasteen mittaamiset. Geoaitaamalla voidaan esimerkiksi määritellä, miten usein kuljetukset käyvät tietyllä alueella; saada ilmoituksia, kun kalusto tai lähetys lähestyy kohdettaan, miten lähellä muuta kalustoa on tai miten usein eri kalustoa käytetään. Esimerkiksi eri alueilla käytetyn ajan perusteella ajoneuvojen toimintaa voidaan optimoida. (Dolby 2017, Foss ym. 2019, VDO 2020)

Geoaitaamisella voidaan myös seurata ajoneuvojen saapumista liikennevaloihin muodostamalla valo-ohjattujen liittymien lähestymissuunnille virtuaalisia mittaushaaroja toimimaan silmukkalähtöjen tavoin (Li ym. 2016). Häätäajoneuvojen liikennevaloetuksia on myös ehdotettu toteutettavaksi siten, että liikennevaloliittymät ympäristöineen on geoaidattu (Noei ym. 2014).

Geoaitaamisen avulla voidaan myös varmistaa, että yrityksen toiminta noudattaa sääntöjä ja ohjeita. Sen avulla voidaan varmistaa, että ajoneuvot noudattavat liikennesääntöjä (esim. vyöhykerajat määritetään ajonhallintasovellukseen) tai proaktiivisesti ohjataan omaa kalustoa välttämään tiedettyjä vaaranpaikkoja, tunnettuja helposti ruuhkautuvia alueita tai vaikkapa koulujen lähialueita. Tavoitteena on pienentää esimerkiksi polttoainekustannuksia ja välttää liikennesääntöjen rikkomisesta johtuvat sakot. (Dolby 2017, VDO 2020)

Liikenneturvallisuuskäyttöön on myös ehdotettu geoaitaamisovellusta, jossa geoaita muodostetaan matalaenergisestä Bluetooth-tekniikan BLE avulla (Kuva 5). Käyttäjän älypuhelin kytkeytyy ajoneuvon Bluetooth-järjestelmään NFC-tekniikan avulla automaattisesti hänen käynnistäessään auton. Auton anturien ympäristöstä ja liikkumisesta keräämät tiedot tallennetaan auton mustaan laatikkoon yhdessä kuljettajan matkapuhelimen käyttöön liittyvien tapahtumien kanssa. Järjestelmää voitaisiin käyttää mm. kuljettajaopastuksessa (varoitukset kohonneesta riskistä), onnettomuustutkinnassa ja vakuutusmaksujen määrittämisessä (Raza 2017)



Kuva 5. Kuljettajan istuin geoidattuna matalan energia bluetooth BLE-anturein. (Raza 2017)

2.3 Yhteenveto alueellisesti rajatuista tieliikenteen palveluista ja niiden vaikutuksista

Ajoneuvojen pääsyn rajoittaminen taajamissa

Ajoneuvoliikenteestä aiheutuu useita erilaisia ulkoisvaikutuksia, kuten ruuhkautumista, lähipäästöjä, melua, onnettomuuksia ja kasvihuonekaasupäästöjä. Erityisen haitallisia edellä mainitut vaikutukset ovat taajamissa, joissa vaikutuksille altistuu merkittäviä määriä väestöä.

Euroopassa ajoneuvojen pääsyn rajoittamisen keinot taajamissa jaetaan neljään pääryhmään (Urban Access Regulations in Europe 2020a):

1. vähäpäästövyöhykkeet (Low Emission Zone, LEZ)
2. tiemaksut (Urban Road Tolls)
3. ilmanlaadun hätätila (Pollution Emergency)
4. muihin rajoituksiin (Other Access Regulation).

Vähäpäästövyöhykkeitä asetetaan pääasiassa kaupunkikeskustoihin ilmanlaatuun liittyvistä syistä. Ilmanlaatua parannetaan kieltämällä tai rajoittamalla pääsy alueelle tiettyntyyppisiltä ajoneuvoilta. Vähäpäästövyöhykkeitä on käytössä esimerkiksi Tukholmassa ja Lontoossa. Myös Helsinki rajoittaa hankinnoissaan päästöiltään haitallisimpien ajoneuvojen käyttöä joukkoliikenteessä ja jätekuljetuksissa kantakaupungin alueella. Euroopan ulkopuolella vastaavia vyöhykkeitä on käytössä muuan muassa Hong Kongissa, Pekingissä ja Singaporessa.

Ilmanlaadun hätätila otetaan käyttöön, mikäli ilmanlaatu laskee vaaralliselle tasolle. Hätätilatoimenpiteitä voivat olla esimerkiksi tiettyjen ajoneuvoryhmien käytön kieltäminen tai rajoittaminen tai joukkoliikenteen lipunhinnan alennukset.

Neljänteen pääryhmään, muut rajoitukset, luetaan erilaisia tieliikennettä rajoittavia toimenpiteitä, kuten katukohtaisia läpiajokieltoja.

Tie- ja ruuhkamaksut

Tiemaksut ovat varsin yleisiä taajamissa ja myös taajama-alueiden ulkopuolella ympäri maailmaa, mm. useimmissa Euroopan maissa. Tiemaksujen avulla on rahoitettu ja operoidaan laajoja moottoritieverkostoja, yksittäisiä teitä, siltoja, tunneleita jne. Usein toteutuksiin myönnetään yksittäiselle toimijalle toimilupa esimerkiksi 20 vuodeksi tai kunnes kohde on käyttäjärahoituksella rahoitettu. Näin rahoitetuilla hankkeilla on useimmiten ollut aivan ratkaiseva merkitys

alueiden taloudelliselle kehittämiselle. Tienkäyttäjät ja elinkeinoelämä on saanut tien käyttöönsä paljon aikaisemmin kuin jos hanke olisi joutunut odottamaan tavanomaista budjettirahoitusta. Mikroaaltoteknologia on vallitseva näissä sovelluksissa. Monessa maassa on saatettu ulkomainen tavaraliikenne maksujen piiriin ja osaltaan osallistumaan tieverkon ylläpitoon vinjettimaksuilla. Euroopassa näitä säätelee Vinjettidirektiivi (EU 1999). Muutamissa maissa, kuten Saksassa ja Belgiassa, jo rakennetulle verkolle on toteutettu raskaan tavaraliikenteen maksuja käyttäen satelliittipaikannusteknologiaa.

Kaupunkialueiden ruuhkamaksuista on tullut keskeinen liikenteen hallinnan työkalu, jolla voidaan säätää liikenteen palvelutaso optimaaliseksi. Ruuhkamakujen perusteluna ovat yleensä olleet keskustojen ja niihin johtavien teiden ruuhkaisuus ja ruuhkien aiheuttamat saasteet, taloudelliset menetykset, ajanhukka ja muut häiriöt. Asetetut tavoitteet on yleensä saavutettu. Liikenne keskusta-alueelle on vähentynyt, liikenne virtaa tasaisemmin, saasteet ja häiriöt ovat vähentyneet ja kaiken lisäksi niiden tuotoilla on voitu rahoittaa liikennejärjestelmän kehittämistoimia. Vaikutukset ovat myös useimmiten jääneet pysyviksi. Järjestelmät perustuvat sekä mikroaaltoteknologiaan ja rekisteritunnusten tulkintaan.

Geoaitaaminen

Geoaitaamisella on lukuisia kaupallisia sovelluksia monilla eri toimialoilla kuten liikenteessä. Liikenteen ja kuljetusten alueella on paljon erilaisia sovelluksia. Toisin kuin edellä kuvattujen pääsynrajoittamisen ja tienkäyttömaksujen palveluiden kohdalla, palvelut ovat pääsääntöisesti yksityisen sektorin kehittämiä, tuottamia ja käyttämiä. Niiden tuottamat hyödyt ovat siten usein yritysten toiminnan tehostumista ja kilpailukyvyn paranemista eivätkä yritykset useinkaan julkaise tällaisia tietoja yksittäisten toimien ja palvelujen vaikutuksista, vaan julkaisut keskittyvät pääosin toimintakonseptien esittelyyn ja konseptien toiminnan arviointiin eikä niinkään palvelujen vaikutuksiin.

Useimmin mainittuja palveluja ovat erilaiset tavaraliikenteen palvelut esimerkiksi jakeluliikenteessä ja kansainvälisessä liikenteessä. Samoin liikkuvan kaluston seuranta ja hallinta on suosittu soveltamiskohde. Autovarkauksien esto ja jäljitys ovat myös olleet monen palvelukehittäjän kohteina. Yleensäkin erilaiset turvallisuuksosovellukset sekä liikenteen että kuljetusten turvallisuuden kannalta tulevat monissa julkaisuissa esille. Erilaiset geoaitaamiseen perustuvat liikennetieto- ja varoituspalvelut tuottavat samanlaisia vaikutuksia kuin vastaavat yhteistoiminnalliset eli C-ITS-palvelut esimerkiksi liikenneturvallisuuden kannalta.

Palvelut perustuvat yleensä joko kiinteiden maantieteellisten alueiden tai reittien geoaitaamiseen, joskin myös muitakin sovelluksia on kuten ajoneuvon istuin, liikkuva kohde tai tien/kadun poikkileikkaus.

Tienpitäjien tai viranomaisten sovelluksia ei ole vielä kovinkaan paljon, joskin geoitaihin perustuvat tienkäyttömaksut, ajoneuvojen pääsyn säätelyn sovellukset ja liikennevaloetudet ovat kuitenkin käytössä useilla kaupungeissa.

Teknologiakehitys merkitsee ilmeisesti geoaitaamisen lisääntyvää käyttöä eri tarkoituksiin ja tämä näkyy myös palveluiden kirjon lisääntymisenä tulevaisuudessa tietoliikenteen nopeutuessa ja paikannustarkkuuden kasvaessa. Kehitys voi myös merkitä tietoturvaa ja yksityisyyden suojaa koskevien riskien kasvamista. Näiden riskien hallinta ja minimointi ovat keskeisessä asemassa palvelujen käyttäjähäyväksynnän kannalta.

3 Tekniset ratkaisut

Luvussa 2 kuvatut alueellisesti rajatut palvelut perustuvat erilaisiin teknologioihin, joista tärkeimmät ovat paikannus, digitaaliset kartat, tietoliikenne, pilviratkaisut ja tunnistaminen. Erilaisia teknisiä ratkaisuja kuvataan lähemmin alla olevissa alaluvuissa.

3.1 Satelliittipaikannus

Monet kaupallisista geoaitasovelluksista käyttävät matkapuhelinverkkopaikannusta, joka riittää tarkkuudeltaan esimerkiksi kaupallisiin tiedotuksiin liikkujaa lähellä olevista palveluista. Liikennejärjestelmän geoaitaamis- ja pääsyn säätelypalveluihin tarvitaan tyypillisesti kuitenkin matkapuhelinverkkopaikannusta tarkempaa satelliittipaikannusta. Toisaalta sisätiloissa kuten varastoissa sekä kaupunkien keskustoissa matkapuhelinverkkojen ja WiFi-verkkojen tiheässä olevat tukiasemat voivat tarjota satelliittipaikannusta tarkempaa sijaintitietoa myös geoaitaamisen sovelluksille.

Satelliittipaikannus on jatkuvasti yleistynyt ja eri paikannusjärjestelmien kirjo on kasvanut. Tällä hetkellä on olemassa neljä globaalia satelliittipaikannusjärjestelmää: uusina eurooppalainen Galileo ja kiinalainen BeiDou ja vanhoina amerikkalainen GPS ja venäläinen GLONASS. Niiden yhteiskäyttö mahdollistaa yksittäistä järjestelmää tarkemman paikannuksen mm. Suomen eri osissa. Satelliittipaikannuksen tueksi on myös toteutettu erillisiin SBAS-satelliitteihin (Satellite-Based Augmentation System) perustuvia avustepalveluita kuten eurooppalainen EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service). (GSA 2018)

Eri satelliittijärjestelmät toimivat eri radiotaajuuksilla eli järjestelmien yhteiskäyttö vaatii käyttöpäätteiltä monitaajuusvastaanottoa, mikä onkin huomattavasti lisääntynyt erilaisissa ammattikäyttötapauksissa (Henri & Matala 2018). Myös EGNOS on lisäämässä GPS-tukeensa lähiaikoina myös Galileo-tuen. Paikannustarkkuutta voidaan lisätä myös RTK-järjestelmän (Real Time Kinetics) avulla. Lisäksi mm. Galileo on tuomassa ilmaiseksi käyttöön High-Accuracy Servicen (HAS), joka pystyy senttimetrin tarkkuuteen. (GSA 2018)

Kuluttajakäyttöön tarkoitetun satelliittipaikannusvastaanottimen paikannustarkkuus on Suomessa tyypillisesti noin viiden metrin luokkaa, mutta joissakin olosuhteissa tarkkuus on tätä heikompi. Pahimmassa tapauksessa satelliitin vikaantumisen tai poikkeuksellisen suurista ympäristö- tai ilmakehävääristymistä johtuen vastaanottimen laskema paikka voi poiketa todellisuudesta jopa satoja metrejä tai enemmän. (MML 2020)

Lisäksi Pohjois-Suomessa on haasteena paikannussatelliittien ei-optimaalinen sijainti, sillä niiden radat eivät kulje napa-alueen yli. (Lehtinen, ym. 2018). Maanmittauslaitoksen Finnref-asemien verkko tarjoaa kaikille avointa korjauspalvelua, jota käyttämällä GNSS-paikannuksen tarkkuus paranee. Palvelu koskee nykyisin GPS- ja GLONASS-järjestelmiä ja tulevaisuudessa Galileo-järjestelmää. Tällä avoimella DGNSS-palvelulla (Differential GNSS) saavutetaan tyypillisesti 20 cm:n tarkkuus. (MML 2020)

RTK-palvelulla (Real-Time Kinetics) on Tunturi-Lapin alueella saavutettu 7 cm:n tarkkuus. (Koskela 2018)

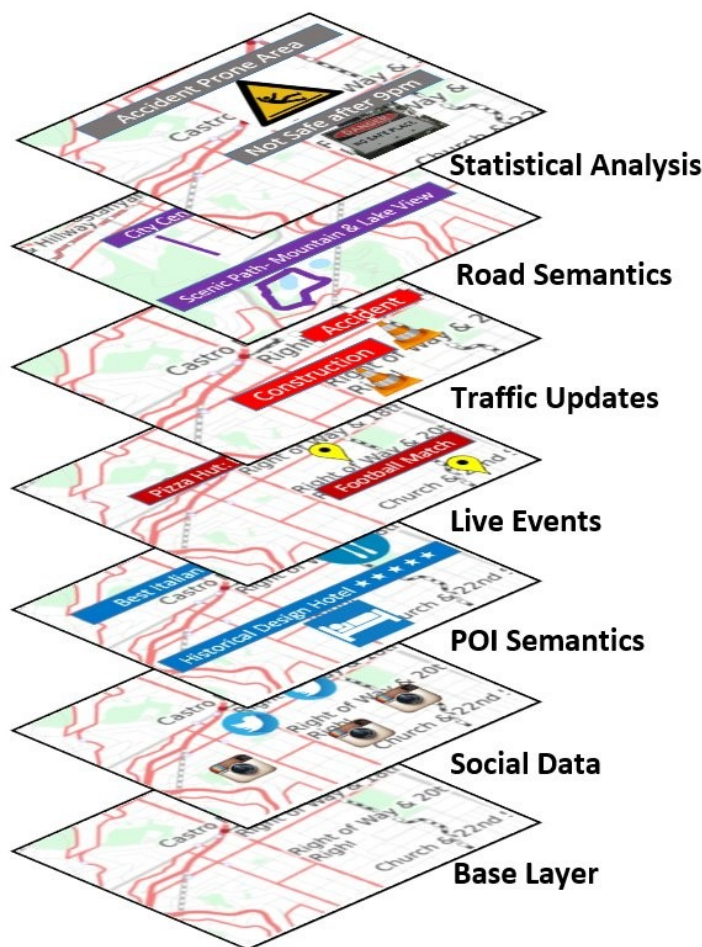
Erityisesti sotilaskäytössä satelliittipaikannuksen tahallinen häirintä on tavallista, mutta valitettavasti häirintälaitteita myydään verkkokaupoissa myös tavallisille

kuluttajille, myyntipuheena tyypillisesti väite yksityisyydensuojasta. Radiohäirintälaitteiden käyttö on kuitenkin laitonta. (MML 2020)

Fossin ym. (2019) mukaan jo EGNOS-avustepalvelulla GSP-paikannus on riittävän tarkkaa paikallisesti rajatuille palveluille, DGNSS-palvelun suoma tarkkuus riittää parempana luonnollisesti myös tässä raportissa käsitellyille palveluille.

3.2 Digitaaliset kartat

Alueellisesti rajatut palvelut ja niiden paikantamisratkaisut perustuvat yleensä digitaalisiin karttoihin. Tarkkoja digitaalisia karttoja kutsutaan yleensä HD-kartoiksi (HD = High Definition). Digitaalisessa paikkatietomuodossa oleva kartta voi pelkän karttakuvan ohella sisältää myös tietoa karttakohteiden ominaisuuksista ja niiden välisistä suhteista. Nämä ominaisuudet ja niiden väliset suhteet kuvataan usein kartan erilaisina tasoina (englanniksi layer). Kuvassa 6 esitetään esimerkki digitaalisen kartan tasoista. Tasot vaihtelevat kartan käyttötarkoitusten mukaan.



Kuva 6. Esimerkki HD-kartan tasoista (Rehman, ym. 2017).

3.3 Tietoliikenne

Alueellisesti rajattavien palveluiden tietoliikenteessä käytetään yleensä joko lyhyen kantaman tiedonsiirtoa tai pidemmän kantaman tietoliikenneyhteyttä matkapuhelinverkossa.

Lyhyen kantaman tiedonsiirrossa tietoliikenne tapahtuu suoraan lähettimen ja vastaanottimen välillä. Lyhyen kantaman tiedonsiirrosta käytetään lyhennettä DSRC (Dedicated Short Range Communications). Tiemaksukäytössä Euroopassa tällainen tiedonsiirto tapahtuu 5,8 GHz:n taajuudella (ITS UK 2006) ja yhteistoiminnallisissa järjestelmissä (Cooperative ITS, C-ITS, keskustelevat autot) 5,9 GHz:n taajuudella (Auto-talks 2020). Taajuuksista johtuen tiedonsiirron kantamat ovat olosuhteista riippuen 300-800 m. CEN-standardien mukaisissa tiemaksusovelluksissa DSRC:n kantama on rajoitettu enintään kahteen kymmeneen metriin ja sädekeila hyvin kapeaksi, jotta pystytään tunnistamaan ajoneuvolaitteen sijainti riittävällä varmuudella ja yhdistämään se rekisterilaatasta otettuun kuvaan (ANPR).

Lyhyen kantaman tiedonsiirtoon voidaan myös käyttää edellä mainittujen WiFi-standardiin 802.11p perustuvien ratkaisujen sijaan myös matkapuhelinstandardeihin perustuvana C-V2X- yhteytenä. (Auto-talks 2020)

Tiedonsiirto matkapuhelinverkossa on sitä nopeampaa, mitä kehittyneemmästä matkapuhelinverkosta on kysymys. Suomen päättieverkko on kokonaan kolmen eri operaattorin 3G-verkon kattama ja lähes kokonaan myös 4G-verkon kattama. (Nettitikku.fi 2020)

Tienkäyttömaksudirektiivissä (EU 2019) on erikseen mainittu matkapuhelimiin perustuva viestintä. Tiemaksuissa matkaviestintää käytetään vain tiemaksujen keruun ajoneuvoyksikön ja taustajärjestelmän väliseen tiedonsiirtoon.

3.4 Pilviratkaisut

Pilviratkaisut ovat sopiva ratkaisu liikkujille ajantasaisesti tarjottaville palveluille. Erilaisia pilviratkaisuja on toteutettu mm. ajoneuvokaluston liikkeen seurantaan, sähköiseen laskutukseen, logistiikkasuunnitteluun, ajantasaiseen navigointiin, kuljetustietojen analytiikkaan ja viihdepalveluihin. (DinCloud 2020)

Pilviratkaisujen alla voidaan mm. välittää viranomaistietoa liikenneverkon tilasta ja liikkumista koskevista varoituksista ja rajoituksista yksittäisille ajoneuvoille ja tiettyjen palveluiden käyttäjille. Tällaista konseptia on kehitetty NordicWay-projekteissa (Scholliers, ym. 2017; NordicWay 2020).

3.5 Tunnistaminen

Alueellisesti rajattu palvelu voi itsessään vaatia tunnistamista, joka tapahtuu kirjautumalla palveluun, RFID-tekniikan, SIM-kortin tai rekisteritunnusten tunnistamisen avulla. Jälkimmäistä teknologiaa käytetään myös usein erilaisten rajoitusten valvontaan.

RFID (Radio Frequency Identification) eli radiotaajuinen etätunnistusteknologia on teknologia, jota käytetään muun muassa ajoneuvojen tunnistamiseen ja paikantamiseen. RFID-etätunnistusjärjestelmä koostuu lukijoista ja tunnisteista, jotka keskustelevat langattomasti keskenään. Lukija (englanniksi reader) voidaan käsittää RFID-etätunnistusteknologian tukiasemaksi. Lukija toimii RFID-verkossa tukiaseman tavoin ja lähettää radiotaajuisesti viestejä tunnisteille. Tunniste (englanniksi tag, transponder) koostuu pienikokoisesta mikrosirusta sekä antennista, joka kiinnitetään haluttuun tarkkailtavaan kohteeseen. Kun tunniste vastaanottaa lukijalta kutsuviestin, se vastaa lukijalle pyydetyn tiedon joko oman virtalähteen tai kutsusignaalista saadun virran avulla. (Paajoki 2007)

Rekisteritunnusten tunnistamisessa (englanniksi Automatic Number Plate Recognition, ANPR) tienvarressa tai alueen rajalla sijaitseva kamera ottaa kuvan

ajoneuvosta. Tämän jälkeen järjestelmä tunnistaa kuvasta rekisterikilven, erottelee siitä eri merkit ja lopulta tunnistaa kunkin merkin. (Patel, ym. 2013)

4 Lainsäädäntö

4.1 Ajoneuvojen pääsyn rajoittaminen taajamissa

Ajoneuvojen pääsyn rajoittamista taajamissa ei ole lainsäädännöllisesti estetty ja pääsyn rajoittamista laveasti tulkiten eurooppalaisiin käytäntöihin verrattuna toteutusmerkkejä löytyy Suomesta. Helsingin ympäristövyöhyke rajoittaa tällä hetkellä raskaan liikenteen pääsyä keskusta-alueelle, sekä ohjaa joukkoliikenteen ja jätteidenhuollon kaluston hankintoja. Turussa on käytössä raskaan liikenteen rajoitus, jossa yli 15 metriä pitkien ajoneuvojen tulee anoa lupaa liikennöidä keskustan alueella. (Turun kaupunki 2020) Molemmat esimerkit vastaavat toimenpiteitä, joita Urban Access Regulation in Europe (urbanaccessregulations.eu) listaa muista Euroopan maista.

Vesiliikenteessä rajoituksista ja kielloista päättää 1.6.2020 alkaen Liikenne- ja viestintävirasto (aikaisemmin ELY-keskus). Väyliä koskevat alueelliset kiellot ja rajoitukset jo ennen tätä.

Valtioneuvoston asetus 79/2017 säättää ilmanlaadusta ja sen parantamisesta annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2008/50/EY täytäntöön panemiseksi tarpeellisista ympäristönsuojelulakia (527/2014) täydentävistä säännöksistä. Valtioneuvoston asetuksen 79/2017 liitteessä 12 listataan ilmansuojelusuunnitelmiin sisällytettävät tiedot. Ilmansuojelusuunnitelmaa täydentäviin tietoihin kuuluu kuvaus liikenteen ohjauksen kehittämisestä ja liikennesuunnittelusta. Tämä sisältää ympäristövyöhykkeiden perustamisen, ruuhkamaksut ja eriytetyt pysäköintimaksut.

Ajoneuvojen pääsyn säätelyn toteutuksissa tulee huomioda sekä kansallinen että EU-lainsäädäntö. EU-lainsäädännön näkökulmasta tärkeimpiä tarkasteluarvoja ovat liikkumisen vapaus, suhteellisuusperiaate ja syrjimättömyys. Säätelyn toimenpiteet voivat esimerkiksi kohdistua TEN-verkkoon, mutta tällöin niiden toteuttamisessa tulee konsultoida Euroopan komissiota ja käyttää valmistelussa tulee noudattaa huolellisuutta. Näin on toimittu esimerkiksi Itävallan moottoriteiden LEZ-rajoitusten kanssa. Lisäksi ITS-direktiivi (2010/40/EU) velvoittaa jäsenvaltiot ilmoittamaan aikanaan myös ajoneuvojen pääsyn rajoittamiseen liittyvää tietoa muun liikenteen tiedon ohella NAP-liikkumispalvelukatalogissa. (Cré 2019)

EU-tasolla ympäristövyöhykkeiden tai toimenpiteiden säätely on vielä pirstaloitunutta. Asiaa on käsitelty Euroopan komission puolesta annetussa vastauksessa Euroopan parlamentin jäsenen Henna Virkkusen kysymykseen ympäristövyöhykkeistä ja niiden tarramerkitöjen yhtenäistämisestä. Vastauksessa todetaan, että Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2018/1724 vuoden 2020 mennessä jäsenvaltioiden tulee julkaista verkossa tiedot aika- ja matkaperusteisista maksuista sekä ympäristö tarroista ja niitä tulee pystyä vuoden 2023 loppuun mennessä hankkimaan verkosta. Lisäksi Euroopan parlamentin valmistelevalla toimella nro 06 02 77 2 4, "ajoneuvolla ajoa kaupunkien ja alueiden sisällä koskevia sääntelymääräyksiä havainnollistava käyttäjäystävällinen tietotyökalu" parannetaan reaaliaikaisen tietojen saatavuutta. Euroopan komission harkitsee lisätoimia, kun vuoden 2013 kaupunkiliikennepaketin arviointi valmistuu. EU:n kestävän kaupunkiliikenteen suunnitelmia koskevat (SUMP) suuntaviivat sisältävät ohjeita ajoneuvoliikenteen sääntelymääräyksistä kaupunkialueilla. (Väleanin 2020)

Ajoneuvojen pääsyn säätelyyn taajamissa liittyvistä tiedoista on olemassa EU:n CLARS-verkkosivusto (urbanaccessregulations.eu), mutta tieto on staattista eikä koneluettavaa tietokantaa rajoituksista ole. EU-projekti *UVAR Box*, joka käynnistyi elokuussa 2020, pyrkii harmonisoimaan tietoa rajoituksista ja luomaan niistä koneluettavan tietokannan, joka tukee tällaisen tiedon keräämistä, ylläpitoa ja saavutettavuutta esimerkiksi navigointijärjestelmien käyttöön. (Urban Access Regulations in Europe 2020)

Ajoneuvojen pääsyn säätelyn toteutuksiin liittyy myös epäsuorasti lainsäädäntöä. Esimerkiksi Urban Access Regulations in Europe (urbanaccessregulations.eu) -sivustolla ilmoitetaan tieto, sallitaanko päästörajoitusten täyttäminen jälkiasenteisia laitteita käyttäen. Jälkiasenteisia päästöjen hallintajärjestelmiä (Retrofit Emission Control Device) koskevaa EU-lainsäädäntöä ei ole, mutta Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission (UNECE) säännös 132 käsittelee raskaan liikenteen jälkiasenteisia päästöjen hallintajärjestelmiä. (Ricci ym. 2017)

Mikäli pääsyn säätelyn toteutukseen liittyy tiedonkeruuta esimerkiksi paikannusjärjestelmistä tai kameralaitteistosta, tulee huolehtia riittävästä tietosuojasta.

Muuta EU- tai kansainvälisen tason ohjeistusta ja sääntelyä ajoneuvojen pääsyn säätelyn toimiin liittyen ovat muun muassa tieliikennettä koskeva Wienin yleissopimus (1968), Urban Mobility Package, Transport White Paper, Greening Transport Package, Action plan on Urban Mobility.

4.2 Tiemaksut

Tiemaksuja säätelee Suomessa toistaiseksi pääosin EU-lainsäädäntö. Kansallisessa lainsäädännössä on vain sallittu maksujen periminen maantielautoilla. Muilta osin tie- ja katuverkon käyttö on lähtökohtaisesti aina maksutonta.

Laki liikennejärjestelmästä ja maanteistä (Finlex 2020), 12 §: ”Lauttamaksut; Maantien käyttö on maksutonta. Lautta-aluksen käyttämisestä voidaan kuitenkin liikenne- ja viestintäministeriön asetuksella säätää perittäväksi maksu. Maksun tulee perustua lautan käytöstä aiheutuviin kustannuksiin. Maksu voi olla omakustannusarvoa alempi. Maksuja määrättäessä ajoneuvoluokka ja lautan käyttämisen ajankohta voidaan ottaa huomioon.”

Hallitusohjelmassa (Valtioneuvosto 2019) todetaan seuraavaa: ”Säädetään laki, joka mahdollistaa kaupunkiseutujen liikenteen hallintaan tähtäävien ruuhkamaksujen käyttöönoton.”

Tällä hetkellä voimassa olevaa EU lainsäädäntöä koskien yhteentoimivia tiemaksuja EU:ssa säädettiin vv. 2004 ja 2009 EETS Tietullikomitean toimesta (Comite Telepeage): EETS direktiivi (EU 2004) ja EETS päätös (EU 2009). Nämä koskevat tiemaksujärjestelmiä, jotka edellyttävät erityisen ajoneuvolaitteen käyttöä eivätkä ole pieniä ja paikallisia järjestelmiä. Käytännössä EETS-lainsäädäntöä on noudatettava, jos maksut koskevat TEN-T-verkon osia. Sallitut teknologiat ovat a) satelliittipaikannus, b) GSM-GPRS -standardin (GSM TS 03.60/23.060) mukainen matkaviestintä, c) 5,8 GHz:n mikroaaltotekniikka.

Euroopan parlamentti hyväksyi 2019 uuden EETS direktiivin (EU 2019). Sen pohjalta em. Direktiivikomitea on käsitellyt ja Komissio hyväksynyt seuraavat päätökset:

- EETS Delegoitu säädös 2020/203 (EU 2020a) ja
- EETS Toimeenpanosäädös 2020/204 (EU 2020b).

Uutta direktiiviä ja molempia säädöksiä on noudatettava 19.10.2021 alkaen. Direktiivin 1. luvun 1. artiklan mukaan direktiivissä säädetään edellytyksistä, jotka ovat tarpeen seuraavia tarkoituksia varten: a) varmistetaan sähköisten tietullijärjestelmien yhteentoimivuus koko unionin tieverkostolla, moottoriteillä kaupungeissa ja kaupunkien välillä, valtateillä ja kantateillä sekä erilaisissa rakenteissa, kuten tunneleissa tai silloilla, ja losseilla ja b) helpotetaan ajoneuvojen rekisteröintitietojen rajat ylittävää vaihtamista ajoneuvoista, joiden osalta minkä tahansa tyyppisiä tiemaksuja on laiminlyöty unionissa, ja niiden omistajista tai haltijoista. Kohtaan a) on annettu joitakin vähäisiä lievennyksiä lähinnä koskien pieniä, yksinomaan paikallisia tietullijärjestelmiä, joissa vaatimusten noudattamisesta aiheutuvat kustannukset olisivat suhteettoman korkeat hyötyihin nähden. 3. artiklan Tekniset ratkaisut mukaan kaikkien uusien sähköisten tietullijärjestelmien, jotka edellyttävät ajoneuvolaitteiden asennusta tai käyttöä, on perustuttava yhteen tai useampaan seuraavassa luetelluista tekniikoista sähköisen tietullien keräämisen hoitamiseksi:

- a) satelliittipaikannus
- b) matkaviestintä
- c) 5,8 GHz:n mikroaaltotekniikka.

EETS-palvelun toteuttamisen helpottamiseksi on laadittu ja laaditaan lukuisa määrä CEN-standardeja, joista osa on velvoittavia, koska niihin viitataan EETS-lainsäädännössä.

Toinen tiemaksuja säätelevä direktiivi on ns. Eurovinjettidirektiivi (EU 1999), joka koskee raskaan tavaraliikenteen maksuja TEN/T verkolla. Se on pitkään ollut uudistuksen alla, mutta työ on edelleen kesken.

4.3 Geoaitaaminen

Geoaitaamisen kannalta keskeisin lainsäädäntö liittyy tieto- ja yksityisyyden suojaan.

EU:n yleinen tietosuoja-asetus (General Data Protection Regulation, GDPR; EU 2016) määrittää kaikkiin jäsenmaihiin yhteisen lainsäädännöllisen kehyksen henkilötietojen käsittelylle. Sitä on siten noudatettava myös alueellisesti rajattujen palvelujen ja sovellusten toteutuksessa. Yksityisyyden suojan noudattaminen ylläpitää käyttäjien luottamusta palveluun, mikä on keskeinen edellytys palvelun käytölle. Käyttäjät on myös pidettävä tietoisina yksityisyyden suojaamisesta. Tarpeettomat pelot ja väärinkäsitykset hälvenevät tietoisuuden lisääntymisen myötä.

Yleinen tietosuoja-asetus (EU 2016)

Yleisen tietosuoja-asetuksen mukaiset henkilötietojen käsittelyä koskevat periaatteet ovat seuraavat (EU 2016):

- a. niitä on käsiteltävä lainmukaisesti, asianmukaisesti ja rekisteröidyn kannalta läpinäkyvästi ("lainmukaisuus, kohtuullisuus ja läpinäkyvyys");
- b. ne on kerättävä tiettyä, nimenomaista ja laillista tarkoitusta varten, eikä niitä saa käsitellä myöhemmin näiden tarkoitusten kanssa yhteensopimattomalla tavalla; myöhempiä käsittelyä yleisen edun mukaisia arkistointitarkoituksia taikka tieteellisiä tai historiallisia tutkimustarkoituksia tai tilastollisia tarkoituksia varten ei katsota 89 artiklan 1 kohdan mukaisesti yhteensopimattomaksi alkuperäisten tarkoitusten kanssa ("käyttötarkoitussidonnaisuus");
- c. henkilötietojen on oltava asianmukaisia ja olennaisia ja rajoitettuja siihen, mikä on tarpeellista suhteessa niihin tarkoituksiin, joita varten niitä käsitellään ("tietojen minimointi");
- d. henkilötietojen on oltava täsmällisiä ja tarvittaessa päivitettyjä; on toteutettava kaikki mahdolliset kohtuulliset toimenpiteet sen varmistamiseksi, että käsittelyn tarkoituksiin nähden epätarkat ja virheelliset henkilötiedot poistetaan tai oikaistaan viipymättä ("täsmällisyys");

e. ne on säilytettävä muodossa, josta rekisteröity on tunnistettavissa ainoastaan niin kauan kuin on tarpeen tietojenkäsittelyn tarkoitusten toteuttamista varten; henkilötietoja voidaan säilyttää pidempiä aikoja, jos henkilötietoja käsitellään ainoastaan yleisen edun mukaisia arkistointitarkoituksia taikka tieteellisiä tai historiallisia tutkimustarkoituksia tai tilastollisia tarkoituksia varten 89 artiklan 1 kohdan mukaisesti edellyttäen, että tässä asetuksessa vaaditut asianmukaiset tekniset ja organisatoriset toimenpiteet on pantu täytäntöön rekisteröidyn oikeuksien ja vapauksien turvaamiseksi ("säilytyksen rajoittaminen");

f. niitä on käsiteltävä tavalla, jolla varmistetaan henkilötietojen asianmukainen turvallisuus, mukaan lukien suojaaminen luvattomalta ja lainvastaiselta käsittelyltä sekä vahingossa tapahtuvalta häviämiseltä, tuhoutumiselta tai vahingoittumiselta käyttäen asianmukaisia teknisiä tai organisatorisia toimia ("eheys ja luottamuksellisuus").

g. Rekisterinpitäjä vastaa siitä, ja sen on pystyttävä osoittamaan se, että 1 kohtaa on noudatettu ("osoitusvelvollisuus").

Asetuksessa (EU 2016) todetaan lisäksi, että käsittely on lainmukaista ainoastaan jos ja vain siltä osin kuin vähintään yksi seuraavista edellytyksistä täyttyy:

a. rekisteröity on antanut suostumuksensa henkilötietojensa käsittelyyn yhtä tai useampaa erityistä tarkoitusta varten;

b. käsittely on tarpeen sellaisen sopimuksen täytäntöön panemiseksi, jossa rekisteröity on osapuolena, tai sopimuksen tekemistä edeltävien toimenpiteiden toteuttamiseksi rekisteröidyn pyynnöstä;

c. käsittely on tarpeen rekisterinpitäjän lakisääteisen velvoitteen noudattamiseksi;

d. käsittely on tarpeen rekisteröidyn tai toisen luonnollisen henkilön elintärkeiden etujen suojaamiseksi;

e. käsittely on tarpeen yleistä etua koskevan tehtävän suorittamiseksi tai rekisterinpitäjälle kuuluvan julkisen vallan käyttämiseksi;

f. käsittely on tarpeen rekisterinpitäjän tai kolmannen osapuolen oikeutettujen etujen toteuttamiseksi, paitsi milloin henkilötietojen suojaa edellyttävät rekisteröidyn edut tai perusoikeudet ja -vapaudet syrjäyttävät tällaiset edut, erityisesti jos rekisteröity on lapsi.

Alueellisesti rajattavien palveluiden lainmukaisuus toteutuu käyttäjien antaessa suostumuksensa: esimerkiksi hälytysajoneuvon kuljettaja kytkee nappia painamalla hälytysajoasetukset päälle ja ottaa samalla valoetuuudet käyttöön, tai käyttäjä hyväksyy sovelluksen käyttöehdot ladattuaan sen laitteeseensa. Ongelmia voi kuitenkin syntyä työnantajayrityksen tai -laitoksen ottaessa käyttöön geoaitaamispalvelun, jonka käyttöön työntekijä ei halua suostua yksityisyytensä suojaamiseksi.

Usein palveluun liittyvä henkilötiedon keruu on myös tarpeen liikennejärjestelmän turvallisuutta, sujuvuutta ja kestävyyttä eli yleistä etua koskevan tehtävän suorittamiseksi. Palvelut ovat myös kohtuullisia kohdistuen yhtä lailla kaikkiin käyttäjiin erottelematta heitä muiden kuin palvelun vaatimien henkilöstä riippumattomien tekijöiden perusteella. Palveluiden läpinäkyvyys toteutuu, jos palvelutarjoaja antaa käyttäjille vapaasti tiedot palvelusta ja sen toiminnasta.

Käyttötarkoitussidonnaisuusvaatimuksen vuoksi palvelun tuottamia tietoja ei saa käyttää muihin tarkoituksiin kuin mistä on sovittu käyttöehdoissa. Tietojen minimointivaatimuksen vuoksi kerättävän tieto tulee rajoittua vain niihin tietolajeihin, joiden kerääminen on välttämätöntä palvelun tai sen kehittämisen kannalta. Täsmällisyysperiaatteen eli tietojen oikeellisuuden kannalta keskeisiä ovat tietolajit, jotka vaikuttavat palvelun laillisiin velvoitteisiin ja maksujen suuruuteen. Palvelun käyttäjien yksilöimisen mahdollistavat tiedot tulee hävittää sen jälkeen, kun niitä ei enää tarvita palvelun kannalta. Palvelujen tietoturvallisuus on varmistettava lainmukaisella tavalla.

Geoaitaamisen mutta myös muiden alueellisesti rajattavien palveluiden kannalta standardisointi on tärkeä sääntelyn väline lainsäädännön ohella. Etenkin alueellisten ja paikallisten liikennettä koskevien rajoitusten kuvaaminen eri

palveluiden tarpeisiin olisi hyvä yhdenmukaistaa. Tämä olisi sekä rajoituksia ja sääntöjä määräävän tahon että palveluntarjoajien kannalta kannattavaa.

Liikennettä koskevien sääntöjä ja rajoituksia on tarvetta toimittaa liikkujille ja tavaraa kuljettaville tahoille muutenkin kuin liikennemerkkien ja ajoratamerkintöjen avulla. Tietoliikenneverkkojen ja digitalisaation kehittyessä on noussut tarve näiden sääntöjen kuvaamiseen digitaalisessa muodossa. Euroopassa on kehitetty liikennesääntöjen elektronisen hallinnan (Management for Electronic Traffic Regulations, METR) ja luotettujen elektronisten sääntöjen jakelupisteiden (Trusted Electronic Regulations Access Points, TERAP) konsepteja. Sekä staattiset että dynaamiset liikennesäännöt mukaan lukien liikenteenhallinnan osoittamat määräykset sisältyvät konsepteihin. METR on jo CEN/TC 278 WG17:n työlistalla ja pyrkii tieliikennesääntöjen yhdenmukaiseen digitaaliseen rekisteröimiseen ja tallentamiseen yhdenmukaisella tavalla (Evensen 2018, CEN 2020). TERAPin tarkoituksena on puolestaan yhdenmukaistaa tieliikennesääntöjen jakelu tietoturvalisella tavalla erityisten jakelupisteiden kautta (Malone ym. 2020). TERAPit voisivat sijaita kansallisten liikennetietojen jakelupisteiden (National Access Point, NAP) yhteydessä.

Tietojen jakelurajapintojen tulisi myös olla yhdenmukaisia. Sekä METRin että TERAPin suunnitelmissa on hyödyntää mahdollisuuksien mukaan jo olemassa olevia rajapintoja laajentaen niiden käyttöä liikennesääntöjä koskeviin tietoihin. Kyseeseen tulevat TRANSMODEL (CEN TC278/WG3), TPEG (CEN TC278/WG4 ja ISO TC204/WG10), TN-ITS (CEN TC278/WG7), DATEX II (CEN TC278/WG8), C-ITS (CEN TC278/WG16 ja ETSI TC ITS). (Evensen 2018)

5 Analyysi

5.1 Tarve toteutuksille ja sovelluksille Suomen tieliikenteessä

Työhön liittyen pidettiin MAL-verkostolle 10.10.2020 työpaja, johon osallistui 14 asiantuntijaa. Työpajan tavoitteena oli saada vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

- Mitä alueellisesti rajattuja palveluita ja sovelluksia Suomessa tarvitaan?
- Mistä palveluista ja sovelluksista olisi täällä eniten hyötyä?
- Mitä alueellisesti rajattuja palveluja olisitte halukkaita kokeilemaan ja pilotoimaan?
- Mitä olisitte halukkaita toteuttamaan?
- Mikä olisi MAL-verkoston ja sen jäsenien rooli alueellisesti rajatuissa palveluissa?

Työpajassa esille tulleet ajatukset Suomessa kokeiltaviksi ja mahdollisesti toteutettaviksi palveluiksi tai sovelluksiksi on kuvailtu alla. Ne on ryhmitelty työn tekijöiden näkemyksen mukaisesti.

Kohteiden rauhoittaminen

- herkkien kohteiden, kuten koulujen ja kaupunkikeskustojen rauhoittamisen ratkaisut
- vähäpäästöisten vyöhykkeiden asettaminen kaupunkikeskustoihin
- rakenteellisesti herkkien kohteiden suojelu rajoittamalla ajoneuvoliikenteen pääsyä alueelle

- matkailukohteiden rauhoittaminen
- liikenneturvallisuuden parantaminen kaupunkikeskustoissa, esim. nopeusrajoitukset.

Liikkuvat kohteet ja ajallisesti rajalliset häiriöt

- muun liikenteen varoittaminen liikkuvasta kohteesta (esim. erikoiskuljetus, niittokone, aura-auto)
- onnettomuuskohteista ja yleensä liikenteen häiriökohdista tiedottaminen
- aikaan sidotut geoaitamiskäytännöt, esim. tietyömaiden alhaisemmat nopeusrajoitukset ja varoitukset vain työaikoina
- erikoiskuljetusten reittien esittäminen ja etuajo-oikeuksien järjestäminen.

Kunnossapidon seuranta

- talvikunnossapidon tilan seurannan ratkaisut (esim. aurasajoneuvojen käsittelemät tiet ja kadut) ja kunnossapitokaluston hallinta.

Kysynnänhallinta

- letka-ajon rajoittaminen silta-alueilla ja tietyillä reiteillä
- painorajoitukset, kelirikkorajoitukset, muut kausiluonteiset rajoitukset, vaaralliset aineet, korkeusrajoitukset – ajoneuvokohtaiset reitit geoidattuina
- ruuhkautumisen hallinta turvallisuuskriittisissä paikoissa kuten tunneleissa.

Sujuvuus ja turvallisuus

- ajoneuvojen liikennevaloetuuudet
- valtakunnan rajoja ylittävät ratkaisut
- vaihtuvien nopeusrajoitusten tai ainakin -suositusten osoittaminen dynaamisten geoittojen avulla
- nastarenkaiden tai, lumiketjujen tai muiden ajoneuvovaroitusten edellyttäminen
- automaattiajoneuvojen ODD:n (Operational Design Domain) osoittaminen.

Liikkumispalvelut

- potkulautatoimijoiden ohjaaminen yhteisillä suosituksilla
- ajallisten rajoitusten asettaminen liikkumispalveluissa, esim. potkulautapalveluissa, yleisötahtumien ajaksi
- kaupunkibussijärjestelmät ja niihin liittyvät kulkurajoitus-sovellukset.

Jakelulogiikka

- kestäviin ja kevyisiin ratkaisuihin ohjaaminen kaupunkialueiden jakelulogiikassa vyöhykerajoitusten avulla
- selvityksessä Polkuja kestävä liikuttamisen palveluihin on nostettu esiin toimintamalleja kestäviin jakeluratkaisuihin ja yritysrajoitukset ylittäviin yhteistyöratkaisuihin. Alueelliset kokeilut ja pilotit ovat tärkeitä

referenssejä palvelutoimittajille. (https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2018-24_polkuja_kestavan_web.pdf)

Lisäksi viime kuukausien liikennepoliittisessa keskustelussa on noussut esiin ehdotuksia tienkäyttömaksujen käyttöönotosta Suomessa sekä pääkaupunkiseudun ruuhkamaksuina että valtakunnallisina tienkäyttömaksuina.

Kokeiltavina kohteina tulivat työpajassa esille positiiviset logistiikkaratkaisut, kaupunkilogistiikka ja liikenneturvallisuusratkaisut kaupunkikeskustoissa. Lisäksi tienkäyttömaksujen käyttöönoton tapahtuneen kokeilujen kautta.

Lisäksi on tullut esille, että Galileon HAS-palvelun senttimetritarkkuudella toimivalla paikannuksella talvikunnossapidon automaatiota voitaneen lisätä huomattavasti ja erikoiskuljetusten seuranta esimerkiksi siltojen kohdalla voidaan tarkentaa. HAS-palvelun hyödyntäminen sopisi hyvin kokeilujen aiheeksi.

Erilaisten ajoneuvoyhdistelmien käyttö on mahdollista tieverkolla ja eri maiden määräykset sallituista yhdistelmistä vaihtelevat. Kokeilukohteena voisi tulla kyseeseen erilaisten ajoneuvoyhdistelmien käytön rajoittaminen mm. silloilla ja rajanylityspaikoilla.

5.2 Toimijoiden mahdolliset roolit esimerkisovelluksissa

Toimijoiden rooleja tarkasteltiin neljässä mahdollisessa, erityyppisessä suomalaisessa toteutuksessa, jotka valittiin MAL-työpajassa kiinnostavimmiksi tunnistettujen sovellusten listalta. Nämä valitut sovellukset olivat:

1. Vähäpäästövyöhyke kaupunkikeskustassa – erityisesti hybridiajoneuvojen käyttövoiman rajoitus
2. Onnettomuus- tai häiriökohteesta varoittaminen geoaitaamisella
3. Alueellisten ja ajallisten rajoitusten asettaminen potkulautatoimijoita koskevilla yhteisillä suosituksilla
4. Alueelliset tienkäyttömaksut

Esimerkkisovellusten organisointimallien kuvausten on tarkoitus antaa käsitys siitä, millaisia rooleja erityisesti kunnat ja valtion viranomaiset voivat saada erityyppisten sovellusten toteutuksessa, ja toisaalta mikä jää markkinoilla toimivien yritysten tehtäväksi. Lopulliset organisointimallit ja vastuunjako on suunniteltava sovelluskohtaisesti, kun mahdollisia pilotteja ja toteutuksia ryhdytään suunnittelemaan.

Valituista sovelluksista ensimmäinen on ajoneuvojen pääsyn rajoittamisen taajamasovelluksista ehkä laajimmin käytössä tällä hetkellä perussovelluksena. Tässä yhteydessä on vielä tarkemmin tarkasteltu organisointia sen osalta, miten vähäpäästöisyyden vaatimus toteutetaan rajoittamalla automaattisesti ajoneuvon käyttövoiman valinnan sähkömoottoriin. Toinen sovellus on geoaitaamisen sovellutus väliaikaisessa mutta paikallaan pysyvässä liikennehäiriössä, erityisesti maantieliikenteen hallinnan näkökulmasta. Kolmas tapaus liittyy monissa kaupungeissa ajankohtaiseen ilmiöön yksityisistä sähköpotkulautoja vuokraavista yrityksistä, joiden toimintaa voitaisiin liikenneturvallisuuden näkökulmasta kehittää kuntien yhteisillä suosituksilla lautojen alueellisista ja ajallisista rajoituksista. Neljännen sovelluksen eli alueellisten tienkäyttömaksujen osalta on tässä yhteydessä tarkasteltu ylätasolla toimijoiden rooleja EETS-direktiivin pohjalta, keskittyen direktiivin ja siihen liittyvän ISO-standardin nimeämiin sisäisiin toimijoihin.

Seuraavassa on purettu taulukkomuotoon auki kunkin sovelluksen toteutukseen ja käyttöönottoon liittyvä ”arvoketju” ja määritelty sen eri vaiheisiin kunkin toimijan mahdollinen rooli kokonaisuudessa. Tässä selvityksessä ei ole arvioitu uusien roolien vaatimia työmääriä, resursseja tai rahoitusta, vaan tarkoitus on ollut esimerkkisovellusten valossa tuoda esiin toimijoiden mahdollisia rooleja.

5.2.1 Vähäpäästövyöhyke

Toimijoiden mahdollisia rooleja vähäpäästövyöhykkeen toteutuksessa keskusta-alueelle (LEZ, Low Emission Zone) tarkastellaan taulukossa 3.

Taulukko 3. Toimijoiden mahdolliset roolit vähäpäästövyöhykkeen toteutuksessa keskusta-alueelle (LEZ, Low Emission Zone) erityisesti hybridiajoneuvojen käyttövoiman rajoituksen näkökulmasta.

Mahdolliset roolit	LEZ-politiikan määrittely	Vyöhyke- rajoituksen kuvaus	Toteuttaminen	Käyttö, operointi	Valvonta
EU:n komissio	Vastaa harmonisoinnista (ei vielä toteutettu)				
LVM Traficom	Määrittelee kansalliset tavoitteet ja reunaehdot alueellisille LEZ-politiikoille Määrittelevät soveltuvat kansainväliset standardit joita Suomessa noudetaan	Tilaa TMFG:ltä paikkatietomuotoisen LEZ-määrittelyn jakelun kansallisesta yhteyspisteestä (NAP)			Määrittelee sanktiot
Väylänpitäjä (kaupunki)	Vastaa paikallisen LEZ-politiikan laadinnasta tiiviissä yhteistyössä seudun muut kunnat, sidosryhmät Prosessi edellyttää laajaa sidosryhmätyötä Poliittinen päätös käyttöönotosta	Teettää LEZ-politiikan mukaisen aluerajoituksen teknisen kuvauksen Jalkauttaa politiikan kaupungin toimialoille eri	Viestii kansalaisille ja sidosryhmille politiikan käyttöönotosta Vastaa liikenteen ohjauksen, valvontajärjestelmän toteutuksesta ja operatiivisesta käyttöönotosta	Arvioi ratkaisun vaikutukset ja kehittämistarpeet	Vastaa valvonnan toteuttamisesta yhdessä poliisin kanssa
Poliisi					Suorittaa valvontatyön ja toimeenpanon

					nee sanktiot
Ajoneuvo- valmistaja	Toteuttaa (mahdollisen tulevan standardin mukaisen) käyttövoimien ohjauslogiikan ajoneuvoihin		Vastaa ajoneuvotyyppin tietojärjestelmien ajantasaisuudesta/ yhteensopivuudesta Vie LEZ-rajoituksen ajoneuvojen tietojärjestelmään		
Ajoneuvon haltija			Vastaa ajoneuvon tietojärjestelmän päivittämisestä internetin yli/huollossa	Vastaa siitä että ajoneuvon käyttövoima valitaan rajoituksen mukaisesti (mikäli manuaalinen valinta)	Vastaa sanktioista

Tällä hetkellä ei ole olemassa standardia tapaa sille, miten vähäpäästövyöhykkeen kuvaus toteutetaan digitaalisena karttatasona siten, että se on yhteensopiva ajoneuvonvalmistajien käyttämien karttojen kanssa. Harmonisoidut toteutukset ovat kuitenkin suunnitteilla. Hybridiajoneuvojen voimanlähteen valintaan ja rajoittamiseen liittyvät tekniset ratkaisut eivät ole selvityksen laatijoille olleet tarkkaan tiedossa, joten tässä pyritään pikemminkin osoittamaan, että ajoneuvonvalmistajien tulisi varautua toteuttamaan tienpitäjältä tuleva regulaatio hybridiajoneuvojen käyttövoiman valintaan liittyen. Ilman tämän kysymyksen ratkaisemista on mahdollista ajautua tilanteeseen, jossa hybridiajoneuvot läpäisevät kategorisesti vähäpäästövyöhykkeen päästörajan, mutta todellisuudessa ajosuorite voi tapahtua polttomoottorilla. Toistaiseksi vastaavat toteutetut sovellukset perustuvat tiettyjen ajoneuvonvalmistajien omaan aktiivisuuteen (kts. Luku 2.2.1).

Kustannusten jakautumisen kannalta lähtökohtana on, että kukin taulukossa esitetty toimija vastaa omalla vastuualueellaan olevien toimenpiteiden kustannuksista. Koska kyse on pääosin digitaalisesti toteutettavista ohjelmistoista ja palveluista, ovat kustannukset varsin edulliset. Suurimmat kustannukset kohdistuvat kaupungille, joka vastaa politiikan määrittelystä sekä liikenteen ohjauksesta, valvonnasta ja operatiivisesta käyttöönnotosta.

5.2.2 Onnettomuuspaikasta varoittaminen

Seuraavassa taulukossa on esitetty mahdollinen roolitus maantieympäristössä käytettävän geoaitaussovelluksen "onnettomuuspaikasta varoittaminen geoaitaamisella" osalta. Onnettomuuspaikasta varoittamiselle on määritetty myös C-ITS teknologiaan pohjautuva ratkaisu, mikä edellyttää kuitenkin erityisiä tehdas- tai jälkiasennettuja ajoneuvon päätelaitteita. Voi myös olla, että markkinoilla on jo geoaitaamiseen perustuvia varoituspalveluja, jotka kohdistavat varoitukset häiriöpaikkaa lähestyville ajoneuvoille. Osassa nykyisiä liikennetietopalveluja varoituksia ei ole kuitenkaan mitenkään kohdistettu alueellisesti, vaan kaikki voimassaolevat varoitukset ovat kaikkien nähtävillä. Tässä on tarkasteltu mallia, jossa TMFG toimii geoaitauksen toteuttajana ja palveluntarjoajana. Käytännössä palvelu voitaisiin toteuttaa siten, että TMFG:n Tieliikennekeskus luo automaattisesti tiedossaan olevan onnettomuuspaikan

ympärille geoaidatun vyöhykkeen, varoitusviestin ja toimenpidesuosituksen pohjautuen kyseisen tilanteen ominaispiirteisiin (eri onnettomuustyyppit edellyttävät eritasoisia varoituksia). Etuna tässä menettelytavassa voisi olla se, että tienkäyttäjien vastaanottamat varoitukset olisivat yhdenmukaisempia ja perustuisivat Tieliikennekeskuksen tietoon ja näkemykseen onnettomuuden vaikutuksesta tieverkolla verrattuna sellaiseen ratkaisuun, jossa kukin palveluntarjoaja toteuttaa geoaitauksen itsenäisesti omien periaatteidensa pohjalta, ja TMF tarjoaa rajapinnastaan vain onnettomuuden sijainti-, luokka- ja suuntatiedon (kuten nykyisinkin).

Palveluntarjoajat vastaavat varoituksen antamisesta palvelunsa käyttäjille käyttäjän (satelliittipaikannukseen perustuvan) paikkatiedon perusteella, jolloin esim. paikkatietoja ei tarvitse koota ulkopuolisille palvelimille. TMF tarjoaa lisäksi varoituksen geoaitausta hyödyntäen omassa liikennetilanne-mobiilipalvelussaan.

Seuraavassa on käsitelty toimijoiden rooleja onnettomuuspaikan varoitussovelluksen näkökulmasta. Hieman vastaavanlaisia sovelluskohteita voidaan nähdä olevan muitakin, esim. Liikkuvien tilanteiden kuten aura-autojen, pelastusajoneuvojen ja erikoiskuljetusten varoittamisen osalta. Myös näiden osalta itse geoaitauksen toteutusperiaate ja vastuut voivat olla hieman vastaavia kuin onnettomuustilanteista varoittamisessa, mutta ne edellyttävät dynaamisen lähtötiedon tuottamista Tieliikennekeskuksen ulkopuolisista järjestelmistä.

Taulukko 4. Toimijoiden mahdolliset roolit sovelluksen "onnettomuuspaikasta varoittaminen geoaitaamisella" osalta.

Mahdolliset roolit	Sovelluksen lähtökohtien määrittely	Toteuttaminen	Käyttö, operointi
LVM Traficom	Vastaa kansainvälisestä harmonisoinnista (Ei toistaiseksi voimassa olevia regulaatiota toteutuksen suhteen)	Viestii suomalaisista toteutuksista kansainvälisessä yhteistyössä	
Väylävirasto TMFG	Laatii toteutuksen toiminnallisen ja teknisen määrittelyn	Toteuttaa tietojärjestelmäänsä automatiikan onnettomuus- ja häiriökohteiden geoaitaukseen ja -luokitteluun Toteuttaa varoituksiin liittyvien (geoaita-)tietojen jakelun NAP:sta (Digitraffic) Toteuttaa varoituspäalvelun omaan liikennetilanne-applikaatioonsa	Palvelun laadun seuranta ja arviointi (ml. Käyttökokemukset, vaikutukset) Toteutetun sovelluksen ja jaettavien tietojen markkinointi sidosryhmille, mm. kaupalliset palveluntarjoajat Palvelun ylläpito ja jatkuva kehittäminen käyttökokemusten perusteella Liikennetilanne-palvelun markkinointi kuluttajille
(Kaupallinen) Tietopalvelun tarjoaja	Voi varautua halutessaan varoituspäalvelun toteuttamiseen teknisesti omassa palvelussaan (esim. Puhelinapplikaatio, ajoneuvojärjestelmään integroitu palvelu)	Osallistuu vuorovaikutuksen kautta tekniseen toteutukseen ja varmistaa yhteentoimivuuden Toteuttaa varoituspäalvelun käyttäjän sovelluksen paikkatietoon perustuen	Oman palvelunsa markkinointi kuluttajille

Palvelun kustannukset kohdistusivat tässä ratkaisumallissa pääosin TMFG:lle, joka vastaa geoaitauksen toteuttamisesta ja viestien jakelusta. Palveluntarjoajien kustannukset ovat tässä mallissa pienemmät, koska ne toteuttavat vain varoitusviestin esittämisen kuljettajalle valmiin geoaitauksen pohjalta. Palvelun toteuttamisen rahoitusta ei ole pohdittu tässä työssä tarkemmin, vaan tarkoituksena on ollut tutkia eri toimijoiden mahdollisia rooleja sovellusten toteuttamisessa.

5.2.3 Sähköpotkulautojen käytön rajoittaminen

Kolmas käsitelty esimerkki liittyy mahdollisiin suurten kaupunkien yhteisiin suosituksiin geoaitaamisratkaisusta, joilla rajoitetaan kaupallisten lyhytvuokraan perustuvien sähköpotkulautojen käyttöä alueellisesti ja ajallisesti. Ainakin osalla sähköpotkulautoja vuokraavista yrityksistä on jo toteutettu geoaitaamisratkaisuja, joilla ainakin laudan maksiminopeutta rajoitetaan kaduilla, joilla on paljon jalankulkijoita. Näitä omaehtoisia rajoitteita laatiessaan yritykset voivat käydä vuoropuhelua kaupungin kanssa, mutta kaupunki ei kuitenkaan varsinaisesti vastaa pelisääntöjen laadinnasta. Mahdollisten suositusten tavoitteena olisi yhtenäiset periaatteet Suomen suurimmissa kaupungeissa samoin kuin yhtenäiset tekniset toteutusperiaatteet geoaitaamisen toteutukselle. Geoaitausratkaisun suunnittelussa tulisi lähteä liikkeelle liikenneympäristöjen luokittelusta, sähköpotkulaudoille tarjolla olevasta infrastruktuurista (esim. pyöräkaistan olemassaolo), muun liikenteen määrästä ja sen ajallisista vaihteluista (esim. viikonloput ja juhlapyhät on tarpeen huomioida dynaamisissa rajoituksissa). Ratkaisu voisi olla katu ympäristöjen ja liikenneolosuhteiden luokittelu, joihin sidotaan suositellut käyttö- ja nopeusrajoitukset. Varsinaisesta geoaitauksen toteuttamisesta vastaisivat tässä ratkaisussa potkulautojen vuokrausta yritykset. Osa potkulautayrityksistä rajoittaa käyttöä pienentämällä kaluston määrää esim. yleisö tapahtuman aikana, myös tähän liittyen voi suosituksia harkita.

Taulukko 5. Toimijoiden mahdolliset roolit kaupunkien yhteisissä suosituksissa sähköpotkulautojen geoaitaamiseen liittyen.

Mahdolliset roolit	Rajoituspolitiikan määrittely	Toteuttaminen	Käyttö, operointi	Valvonta
EU:n komissio	Mahdolliset suositukset/ohjeet tulevaisuudessa (ei voimassa)	-	-	
LVM Traficom TMFG	Mahdollinen kansallinen regulaatio (ei voimassa)	TMFG toteuttaa kansalliseen yhteyspisteeseen (NAP Digitraffic) laajennuksen aineiston jakelua varten	-	
Kaupungit, Kuntaliitto, HSL	Laativat selvityksen ja ehdotuksen katu ympäristön ja olosuhteiden luokittelusta ja siihen kytkettävistä käyttö- ja nopeusrajoituksista	Kukin kaupunki vastaa luokittelun laadinnasta oman katuverkkonsa osalta, sekä sen viemisestä digitaalisiksi kartta-aineistoksi. Aineiston jakelu mieluiten kootusti yhdestä paikasta (NAP)	Arvioi sovelluksen vaikutuksia ja tekee muutoksia ratkaisuun niiden perusteella Viestii päivityksistä operaattoreille Viestii suosituksen antamisesta kaupunkilaisille, sidosryhmille ja medialle	Ei relevanttia, koska kyseessä vain suositus

Sähköpotkulautojen palveluntarjoaja	Osallistuvat rajoituspolitiikan laadintaan vuorovaikutuksen kautta	Vastaa rajoitusten implementoinnista vuokraamaansa kalustoon	Viestii geoaitaussovelluksen käyttöönotosta asiakkailleen	
Sähköpotkulaudan valmistaja	Voi osallistua politiikan laadintaan tuomalla tietoa geoaitauksen teknisistä reunaehdoista	Vastaa geoaitaussovelluksen toteuttamisesta myymäänsä kalustoon	Markkinoi valmiuttaan kehittyneelle geoaitaamiselle	

Suurimmat kustannukset tässä sovelluksessa kohdistuisivat sähköpotkulautoja vuokraaville yrityksille, jotka vastaisivat varsinaisen geoaitauksen teknisestä toteutuksesta palvelussaan. Useat yritykset ovat kuitenkin jo toteuttaneet hieman vastaavia geoaitaussovelluksia, joten kyse ei näiden yritysten osalta ole täysin uuden sovelluksen toteutuksesta.

5.2.4 Helsingin seudun ruuhkamaksut

Neljänneksi käsitellyksi alueelliseksi palveluksi valittiin Helsingin seudun tienkäyttömaksut (ruuhkamaksut) toteutettuna maksuvyöhykejärjestelmänä. Tienkäyttömaksuihin liittyen Euroopan Komissio antoi uuden direktiivin (2019/520) Sähköisten tietullijärjestelmien yhteentoimivuudesta ja tiemaksujen laiminlyöntiä koskevien tietojen rajatylittävän vaihtamisen helpottamiseksi unionissa. Direktiivi määrittää periaatteet järjestelmien toteutukselle ja erilaisten toimijoiden rooleille Euroopassa, varmistaakseen järjestelmien teknisen yhteentoimivuuden ja sisämarkkinoiden toimivuuden.

Tässä raportissa on käsitelty toimijoiden rooleja puhtaasti sen pohjalta mitä vuoden 2019 EETS-direktiivi niistä määrittelee. Roolitukseen ja organisointiin liittyy monia tarkempaa suunnittelua ja valintoja edellyttäviä kysymyksiä. Tässä on käsitelty vaihtoehtoa, jossa alueellinen tienkäyttömaksu on toteutettu seudulla maksuna, ei verona, mikä mahdollistaa selkeämmin kerättyjen maksujen kohdistamisen alueellisen liikennejärjestelmän kehittämiseen.

ISO-standardi prEN ISO 17573:2010 tekee eron tienkäyttömaksujen toteutuksen kannalta sisäisiin toimijoihin, joiden rooli liittyy nimenomaan alueellisen tienkäyttömaksun toteuttamiseen ja tarjoamiseen, sekä ulkoisiin toimijoihin, jotka osallistuvan tietyn toiminnallisuuden toteuttamiseen, mutta jotka eivät toteuta rooliaan ainoastaan alueellista tienkäyttömaksua varten (EC 2011). Seuraavassa taulukossa on avattu EU:n EETS-direktiivin (2019/520) perusteella sisäisten toimijoiden rooleja karkealla tarkkuudella mahdollisessa Helsingin seudun tienkäyttömaksun toteutuksessa.

Tarvittavia ulkoisia toimijoita, joiden rooleja paikallisessa toteutuksessa on pohdittava tarkemmin erikseen, ovat lisäksi seuraavat:

- rahoituslaitokset (pankit, luottoyhtiöt, clearing-palvelujen tarjoajat)
- tietoliikennepalvelun tarjoajat
- paikannuspalvelun tarjoajat
- ajoneuvosensorien ja tietovarastojen tarjoajat
- ympäristön monitoroijat ja muut ITS palvelujen tarjoajat
- tiemaksulaitteiden tarjoajat
- sertifiointielimet ("Notified bodies")
- standardointielimet
- viranomaiset
- sovitteluelin

Alueellisten tienkäyttömaksujen käyttöönotto on laaja kokonaisuus, jossa on useita merkittäviä kustannuksia aiheuttavia komponentteja. Tiemaksuoperaattori vastaa valvonnasta ja sen edellyttämän järjestelmän toteuttamisesta, mikä on yksi merkittävä kustannuserä kokonaisuudessa. Toinen merkittävä kustannuserä on palveluntarjoajan asiakkailleen tarjoama ajoneuvolaite, jonka asiakas joko hankkii tai se sisältyy palvelumaksuun. Suurin kustannuserä on koko järjestelmän operointi. Kokonaiskustannukset vaihtelevat suuresti valitun teknisen ratkaisun mukaan.

Taulukko 6. Keskeisten EETS-direktiivin mukaisten toimijoiden roolit alueellisten tienkäyttömaksujen toteutuksessa.

	Politiikan määrittely	Toteuttaminen	Käyttö, operointi	Valvonta
EU:n komissio LVM	EETS-direktiivi (2019/520/EC) Laki sähköisten tienkäyttömaksujen keräämisen järjestelmästä (995/2006)	Järjestää kansallisen yhteyspisteen toteutuksen, mikä mahdollistaa rekisteritietojen rajatylittävän vaihtamisen	Ylläpitää kansallista sähköistä rekisteriä alueellaan sijaitsevista tietuliikhteista, toimijoista, teknologioista jne.	
Tietulli-operaattori	Helsingin seudulla HSL voi toimia seudullisena tietullipalvelujen operaattorina, jossa roolissa se myös määrittelee maksupolitiikan ja käytettävät vyöhykkeet yhdessä kuntien kanssa ja toimittaa tarvittavat tiedot palveluntarjoajille.	Akkreditoi tietullipalvelujen tarjoajat ja solmii niiden kanssa sopimuksen.	Kerää tienkäyttömaksut joko itse tai tietullipalvelun tarjoajien välityksellä..	Toteuttaa valvonta-järjestelmän. Informoi tiemaksun laiminlyönnystä käyttäjää epäilystä rikkeestä ja sen jatkotoimista.
Tietullipalvelun tarjoaja	Julkaisee sopimusperiaatteen, joita soveltaa kaikkiin tienmaksupalvelunsa käyttäjiin.	Vastaa tietullipalvelunsa teknisestä toteutuksesta ja tiemaksujen keruusta standardien mukaisella tavalla. Palveluntarjoajia on lähtökohtaisesti useita, ja etenkin mikäli tulkitaan että EETS pätee HSL alueella.	Vastaa tietullijärjestelmänsä ylläpidosta ja toimivuudesta. Suorittaa keräämänsä maksut operaattorille.	Välittää operaattorille tiedot tiemaksun epäilyyn laiminlyöntiin liittyvästä ajoneuvosta ja kyseisen ajoneuvon omistajasta tai haltijasta, joka on palveluntarjoajan asiakas.
Käyttäjä (EETS user)		Tekee sopimuksen yhden tietullipalvelun tarjoajan kanssa.	Vastaa tietullilaitteen aktivoinnista tietuliikhteissa	

5.3 Teknologian kehitys lähitulevaisuudessa

Teknologiakehitys on nopeata kaikilla alueellisesti rajattavien palvelujen osa-alueilla koskien satelliittipaikannusta, digitaalisia karttoja, tietoliikennettä, pilviratkaisuja ja tunnistamista. Lisäksi automaatio lisää tarvetta geoaitaamisen palveluille.

Satelliittipaikannus on voimakkaasti kehittymässä. Lähimmän kahden vuoden aikana GPS, GLONASS, Beidou ja Galileo tarjoavat täyden kattavuutensa palveluille. Lisäksi Galileo uudistaa satelliittikantansa vuoteen 2030 vastatakseen mm. automattiajamisen, kaiken internetin, dronien ja muiden sovellusalueiden haasteisiin. Liikenteen ja etenkin automattiajamisen tarpeet senttimetriluokan paikannustarkkuudelle merkitsee luultavasti satelliittipaikannusta palvelevien maa-asemien rakentamisen lisääntymistä tarkkaa paikannusta tarvitsevien tieosuuksien läheisyyteen. Digitaaliset kartat ovat myös voimakkaasti kehittymässä. Tältäkin osin kehityksen ajurina ovat automaattiset ajoneuvot, joita varten karttatoimittajat ovat kehittämässä ja jatkuvasti päivittämässä digitaalisia karttoja, laajentaen niiden kattavuutta ja tietosisältöjä.

Tieliikenteessä 5G etenee vääjäämättä ja tulee kattamaan lähivuosina koko päättieverkon Suomessa ainakin alhaisilla taajuuksilla syrjäyttäen 3G-verkkojen aseman. Alhaisen latenssin laajakaistapalveluiden vaatimien korkeiden taajuuksien 5G vaatii tienvarteen sijoitettavia tukiasemia, minkä vuoksi niitä rakennetaan vähitellen keskittyen ainakin aluksi vilkkaille tiejaksoille, joilla on sujuvuus- tai turvallisuusongelmia.

Pilviratkaisut yleistyvät ja alalle syntyvät laajat kilpaillut markkinat, joissa globaalit suuret toimijat ovat jo varmistamassa asemiaan. Kilpailun ansiosta ratkaisujen tehokkuus ja hinnoittelu ovat palvelujen kannalta hyvällä tasolla.

Ajoneuvojen ja liikkujien tunnistamiseen on olemassa useita eri vaihtoehtoja. Sähköisiä tunnistamismenetelmiä, kuten RFID, on kehitetty vuosia. Niitä on hyödynnetty laajasti tavaraerien ja kuljetusyksiköiden tunnistamiseen sekä tienkäyttömaksujen ja joukkoliikennemaksamisen tarpeisiin. RFID-saattomuisteilla varustettujen tavaraerien hallintaa geoaitaaminen tehostaa huomattavasti ja luultavasti tavaraerat varustetaankin enenevässä määrin RFID-saattomuistein. Biometrisen tunnistuksen kehittäminen ei vaikuta merkittävästi liikenteeseen, joskin sillä on käyttöä tiettyjen ajoneuvojen käyttöilupien ja alkolukkojen tapaisissa sovelluksissa. Yksityisyyden suojaan liittyvät huolet ovat jarruttaneet laajoja sähköisten tunnistuksen toteutuksia. Tämän vuoksi autojen perinteiset rekisteritunnukset ovat säilyttäneet asemansa ajoneuvojen tunnistustapana.

Automaattiajamiselle geoaitaaminen on itse asiassa perusedellytys.

Automaattiautot toteutetaan toimimaan vain sille osoitetussa toimintaympäristössä (Operational Design Domain, ODD). Käytännössä ODD määritetään automaattiajamisjärjestelmässä geoaitaamisen avulla.

Automaattiajoneuvojen yleistyessä siis myös geoaitaaminen yleistyy. Samalla myös yleistyvät pääsyn säätelyn ratkaisut, sillä on odotettavissa, että jotkin osat liikennejärjestelmästä, kuten alueet, tiet tai kaistat, halutaan osoittaa vain kuljettamattomille autoilla ja toisaalta jotkin vain ihmisten ajamille ajoneuvoille. Tällaiset rajoitukset voivat olla myös aikaan ja olosuhteisiin sidottuja.

On kiintoisaa seurata, miten geoaitaamisen kehittyminen ja eteneminen vaikuttaa yhteistoiminnallisiin eli C-ITS-palveluihin. Geoaitaamisella voidaan kuvata erilaisten varoitettavien häiriöiden vaikutusalueet sekä osoittaa ilmeisesti C-ITS-viestejä monipuolisemmin ne toimet, joihin tienkäyttäjän tai automaattiauton tulee ryhtyä vaikutusalueella ja sen eri osissa. Automaattiautojen kehittäjille jo muutenkin käytettyjen geoaiteiden hyödyntäminen autojen ja tienpitäjien tai liikennekeskusten välisessä viestinnässä voi olla helposti toteutettavissa. Tämä

koskee häiriötietojen ohella erilaisten liikennesääntöjen ja teiden käyttöä koskevien rajoitusten viestintää.

Geoaitaamisen eteneminen voi myös vaikuttaa liikennetiedotukseen, jossa pääosin varoitetaan häiriöistä joissakin yksittäisissä pisteissä. Geoaitaamisessa liikennetiedotus voi tuottaa tietoja häiriöiden vaikutusalueista geoaitojen avulla häiriöpisteen sijasta tai lisänä. Aluemuotoinen varoitus sopisi erityisen hyvin liikkuviin häiriöihin ja tapahtumiin kuten seisoviin ja hitaasti liikkuviin jonoihin, kulkueisiin tai autosaattueisiin sekä mm. erikoiskuljetuksiin, joiden edellä ja takana kulkevat nykyisin kuljetuksesta varoittavat autot. Siirtyminen pistekohtaisesta tieosuuskohtaiseen tiedotukseen merkitsisi merkittävää muutosta liikennetiedotuksen prosesseihin ja mahdollisesti myös vaikutuksiin.

Teknologiakehitys johtaa siihen, että geoaitaaminen ja sen sovellukset sekä samalla taajamien pääsynsääntelyratkaisut lisääntyvät. Sovellukset tulevat myös entistä monipuolisemmiksi ja älykkäämmiksi. AI-teknologioiden kehittyminen johtaa erilaisten 'If This Then That' -sovellusten kehittämiseen (Jungleworks 2020). Näissä joidenkin kiinteiden tai liikkuvien geoaitojen sisältä poistuminen tai sisälle siirtyminen laukaisee tilanteesta riippuen erilaisia toimenpiteitä – esimerkiksi vähäpäästöalueilla auton moottori sammutetaan tietyn sekuntimäärän jälkeen tai jakeluauton käynnistäminen estetään varaston pihalla automaattisesti, ellei kyseiseen varastoon tarkoitettua tavaraa ole jätetty kuormasta.

Geoaitaaminen tulee myös edesauttamaan analytiikan kehittymistä antaen suurten tietomäärien käsittelyyn lisää työkaluja ilmiöiden paikantamisen suhteen. Yleensäkin geoaitaaminen tukee tiedon käsittelyn automaatiota – "Geofencing is location-based automation" (1Home 2020).

6 Tulokset

6.1 Yhteenveto tuloksista

Ajoneuvojen pääsyn rajoittaminen taajamissa

Ajoneuvojen pääsyn rajoittaminen yleistyy Euroopan kaupungeissa. Vuoden 2019 alussa pelkästään Euroopan kaupungeissa oli käytössä noin 260 ympäristövyöhykettä.

Euroopassa ajoneuvojen pääsyn rajoittamisen keinot taajamissa jaetaan vähäpäästövyöhykkeisiin, tiemaksuihin, ilmanlaadun hätätilaohjelmiin ja muihin rajoituksiin. Ratkaisujen käyttöönottoa ohjaavat kaupunkien tavoitteet ja niillä pyritään vaikuttamaan ajoneuvoliikenteen ulkoisvaikutuksiin kuten ruuhkautuminen, lähipäästöt, melu, onnettomuudet ja kasvihuonekaasupäästöt.

Pääasiassa kaupunkien haasteet ilmanlaadussa ovat ohjanneet ottamaan käyttöön erilaisia toimenpiteitä. Koska ruuhkautumisen, lähipäästöjen, melun ja onnettomuuksien vaikutukset ovat paikallisia, on kaupungeilla kannustimia säädellä ko. vaikutuksia toimenpiteiden avulla. Kasvihuonekaasupäästöjen osalta vaikutukset taas ovat globaaleja, mikä ohjaa valtakunnallisiin ja valtakunnan rajat ylittävään säätelyyn.

Ajoneuvojen pääsyn säätelyyn taajamissa liittyvä tieto on staattista eikä Euroopan laajuista koneluettavaa tietokantaa rajoituksista ole.

Ajoneuvojen pääsyn rajoittamista taajamissa ei ole lainsäädännöllisesti estetty ja pääsyn rajoittamista laveasti tulkiten eurooppalaisiin käytäntöihin verrattuna toteutusmerkkejä löytyy Suomesta.

Ilmansuojelusuunnitelmaa täydentäviin tietoihin kuuluu kuvaus liikenteen ohjauksen kehittämisestä ja liikennesuunnittelusta. Tämä sisältää ympäristövyöhykkeiden perustamisen, ruuhkamaksut ja eriytetyt pysäköintimaksut.

Ajoneuvojen pääsyn säätelyn toteutuksissa tulee huomioida sekä kansallinen että EU-lainsäädäntö. EU-lainsäädännön näkökulmasta tärkeimpiä tarkasteluarvoja ovat liikkumisen vapaus, suhteellisuusperiaate ja syrjimättömyys. EU-tasolla ympäristövyöhykkeiden tai toimenpiteiden säätely on kuitenkin vielä pirstaloitunutta.

Tiemaksut

Tiemaksujen toteutuksia on jo kymmenien vuosien ajalta runsaasti ympäri maailmaa sekä kaupunkiympäristöissä (lähinnä ruuhkien hillitsemiseksi) sekä moottoriteillä (yleensä väylien rahoittamiseksi).

Kaupunkiratkaisut ovat yleensä alueellisia ratkaisuja, joissa maksurajojen ylittämisestä veloitetaan maksu. Yleensä kaikki ajoneuvot ovat maksuvelvollisia joitakin erityisajoneuvoryhmiä lukuun ottamatta. Teknologiana on joko mikroaaltoratkaisu tai rekisterilaatan tunnistus. Järjestelmät ovat pääosin toteuttaneet niille asetettuja tavoitteita. Operointikustannukset ovat suuret, mutta vastapainona on ruuhkien väheneminen ja keskusta-alueiden rauhoittuminen liialliselta ajoneuvoliikenteeltä.

Moottoritiemaksut ovat mahdollistaneet laajojen moottoritieverkostojen rakentamisen Euroopassa ja muualla maailmassa käyttäjärahoitteisesti ilman verovarojen käyttöä. Teknologiana on toistaiseksi lähes poikkeuksetta mikroaaltotekniikka, joka on pudottanut operointikustannuksia merkittävästi verrattuna aikaisempaan manuaaliseen keräämiseen. Satelliittipaikannuspohjaisia järjestelmiä on toistaiseksi vain muutamia ja yksinomaan raskaille ajoneuvoille.

Euroopassa tiemaksuista on säädetty kahdella direktiivillä, jotka ohjaavat sekä hinnoittelua että järjestelmien toteutusta ja operointia. Suomesta puuttuu vielä tiemaksuja mahdollistava lainsäädäntö, mutta nykyinen hallitus on luvannut laatia lain ruuhkamaksuista.

Geoaitaaminen

Eri puolilla maailmaa on viime vuosina kehitetty ja otettu käyttöön useita geoaitaamisen sovelluksia sekä liikenteessä että muilla toimialoilla. Sovellukset ovat valtaosaltaan yrityskäytössä tehostamissa yritysten liiketoimintaa ja tuottavuutta, mutta myös viranomaisien ja muiden julkisten toimijoiden käyttöön on kehitetty palveluita. Geoaidat ovat olleet sekä staattisia että dynaamisia.

Tarkastellut alueellisen rajauksen palvelut ja sovellukset kohdistuvat henkilöauto- tai yleensä autoliikenteen osalta autojen käyttövoiman valintaan, pysäköintiin, koulualueisiin, nopeusrajoituksiin, vuokra-autojen valvontaan ja autovarkauksiin puuttumiseen. Tavaraliikenteen kohdalla soveltamiskohteita ovat olleet terminaalialueiden toiminnat ja yleensä liikkuvan kaluston hallinta. Kevyen liikenteen sovellukset ovat sisältäneet muistisairaiden liikkumisen seurannan sekä sähköpotkulautojen ja pyörien käyttöalueiden ja nopeuden hallinnan.

Väylä- ja reittikohtaisen rajauksen palvelut ja sovellukset liittyvät tiemaksuihin, liikennevaloetuuksiin, kunnossapidon hallintaan, vaarallisten aineiden ja erikoiskuljetusten hallintaan, jakeluliikenteeseen, tavaraliikenteen rajanylityksiin, automaattiportteihin, tiedotus- ja varoituspalveluihin sekä liikenteen seurantaan.

Lisäksi sovellukset ovat liittyneet kalustonhallintaan, toiminnan ohjaukseen, reittiopastukseen ja -valvontaan, tieosuuksien tai alueiden käyttöasteen seurantaan, yrityksen ajoneuvojen toiminnan valvontaan ja jopa auton kuljettajan toiminnan seurantaan ajoneuvon sisällä.

Geoaitaamisen sovellukset lisääntyvät ja monipuolistuvat lähivuosina teknologian kehittymisen myötä. Satelliittipaikannuksen tarkkuuden huomattava paraneminen, pilvipalveluiden yleistyminen, tietoliikenneyhteyksien nopeutuminen ja tekoälyn kehittyminen ovat keskeisiä ajureita kehitykselle. Sovelluksia tulee lisää myös viranomaispuolelle ja liikennesektorille. Esimerkiksi liikenteen tiedotus sekä verkottuneiden ja automaattisten ajoneuvojen palvelut perustuvat tulevaisuudessa luultavasti suurelta osin geoaitaamiseen.

Geoaitaamisen kohdalla keskeinen lainsäädäntö liittyy tietosuojaan ja käyttäjien yksityisyyden suojaan. Geoaitaamisen kansainvälinen standardisointityö on käynnissä. Liikennesektorilla etenkin alueellisten ja paikallisten liikennettä koskevien rajoitusten kuvaaminen eri palveluiden tarpeisiin on tärkeä standardisointikohde samoin kuin näiden kuvausten jakeluun tarvittavat rajapinnat.

Toimijoiden roolit

Roolituksen ja toteutusvastuiden osalta työssä tutkittiin neljää eri tyyppistä esimerkkitapausta. Sekä kaupungin ympäristövyöhykkeen, sähköpotkulautojen geoaitausovelluksen sekä alueellisten ruuhkamaksujenkin tapauksessa roolitus on pääpiirteissään sellainen, että tien-/kadunpitäjä tai seudullinen viranomainen määrittelee politiikan ja laatii sen kuvauksen digitaaliseen muotoon, mutta jossa varsinaisen geoaitausovelluksen teknisestä toteutuksesta vastaa yksityinen palveluntarjoaja. Tämä ratkaisumalli on julkisen talouden kannalta suositeltava vaihtoehto, mutta edellyttää riittävää vuorovaikutusta ja valvontaa, jotta politiikka toteutuu tarkoitetulla tavalla. Tienkäyttömaksujen kohdalla tämä on toki itsestään selvää, mutta esimerkiksi sähköpotkulautojen kohdalla tarkastellussa tapauksessa kyse on lähinnä suosituksesta, koska varsinaista sääntelyvaltaa ei kaupungeilla ole. Yhdessä tarkastellussa sovelluksessa tutkittiin mallia, jossa liikenteen hallinnasta vastaava taho TMFG toteuttaa myös geoaitauksen onnettomuuspaikan ympärille. Tässä mallissa kaupalliset palveluntarjoajat toteuttavat ainoastaan geoaitauksen mukaisen varoitusviestin esittämisen liikkujalle omassa palvelussaan. Tällaisella mallilla voidaan tavoitella yhtenäisempää viestintää ja siten myös tienkäyttäjien reagoitua tilanteessa, jossa näistä nähdään olevan selvä hyötyä vaikuttavuuden kannalta.

6.2 Kokeiluilla eteenpäin?

Tämän selvityksen perusteella voidaan tehdä suosituksia teknisistä piloteista. Kaupungeissa kohdatut haasteet esimerkiksi ilmanlaadussa määrittävät, millaisia ratkaisuja niissä lopulta tarvitaan. Esimerkiksi katupölyn aiheuttamiin haasteisiin vastataan eri toimenpitein kuin typen oksidipäästöjen aiheuttamiin haasteisiin.

Ajoneuvojen pääsyä taajamissa rajoittavien toimenpiteiden osalta työssä ja siihen liittyvässä työpajassa nousivat esiin esimerkiksi tieliikenteen turvallisuudelle ja ilmanlaadun terveysvaikutuksille herkkien alueiden (esim. koulujen läheisyydet) ja kaupunkirakenteellisesti herkkien alueiden (esim. historialliset keskustat) suojelu ja kaupunkikeskustojen vähäpäästövyöhykkeet.

Alueiden rauhoittamista voidaan kokeilla määrääjän jatkuvilla kokeiluilla, joita ennen ja joiden aikana kerätään tietoa käyttäjäkokemuksista, liikenneturvallisuudesta ja mahdollisesti muista vaikutuksista. Kokeiluihin liittyvällä viestinnällä on merkittävä rooli niiden onnistumisessa.

Vähäpäästövyöhykkeiden paras vaikuttavuus saadaan aikaan, kun kokeiluilla vastataan kohdattuihin haasteisiin. Jos haasteet liittyvät typpidioksidi- ja pienhiukkaspäästöpitaisuuksiin, voidaan toimenpiteinä kokeilla esimerkiksi dieselajoneuvoihin kohdistuvaa Euro-päästöluokkarajoitusta raskaalle liikenteelle ja jakelu- ja huoltoliikenteelle. Jos haasteet liittyvät katupölyyn, voidaan kokeilla katukohtaisia nastarengaskieltoja. Kohdattuihin meluongelmiin voidaan etsiä vastauksia nastarengaskieltojen katukohtaisista käyttörajoituksista rengasmelun osalta ja nollapäästövyöhykkeitä polttomoottorin aiheuttavan melun osalta.

Geoaitaamisen osalta lupaavia kokeiluja olisivat erikoiskuljetusten ja vaarallisten aineiden kuljetusten valvonta- ja toisaalta tiedotusratkaisut. Jälkimmäisessä tulisi samalla kokeiltua ajantasaisesti kuljetuksen mukana liikkuvan geoaidan käyttöä. Ylensäkin liikenteen häiriöitä ja tapahtumia koskevaa tiedottamista ja varoittamista C-ITS-palveluita vastaavalla tavalla, mutta geoaitaamista hyödyntäen olisi hyvä kokeilla samalla testaten mitä keskeisiä tietolajeja tiedotukseen kannattaa sisällyttää, jotta tienkäyttäjien käyttäytymistä voidaan ohjata mahdollisimman turvalliseen suuntaan.

Tietyömaita koskevien liikkumisrajoitusten kuten nopeusrajoitusten määrittäminen geoaitojen avulla voisi olla hyvä kokeilukohde esimerkiksi rajatulla kaupunkialueella, jossa voisi saada ison joukon katuosuutta käyttävistä autoilijoista palvelun käyttäjiksi.

Galileon HAS-palvelun hyödyntämistä voisi kokeilla aura-autojen tai muiden kunnossapitoajoneuvojen kuten hiekanpoistoa tai tiemerkintöjä tekevien ajoneuvojen automaation lisäämiseen.

Kausittaisista kelirikko-ongelmista tai muusta syystä painorajoituksista kärsivien tieosuuksien ajantasaista geoaitaamista rajoituksien osoittamiseksi tienkäyttäjille olisi myös hyvä kokeilla.

Tiemaksujärjestelmät ovat hyvin isoja järjestelmiä, joihin myös liittyy paljon osapuolia. Suomessa on monta kertaa selvitetty ja selvitetään parhaillaan sekä ruuhkamaksuja Helsingin seudulle että valtakunnallisia tiemaksuja. EU-lainsäädäntö ohjaa osaltaan niiden toteutusta ja teknologiat ovat koettuja ja pitkälle standardisoituja. Tässä valossa erilliskokeiluille tuskin on tarvetta, vaan kyseiset hankkeet, jos ne etenevät, sisällyttänevät mahdollisesti tarvittavat kokeilut toteutusvalmisteluihinsa.

6.3 Johtopäätökset ja suositukset

Palveluiden yksityiset ja yrityskäyttäjät saavat etenkin geoaitaamisen palveluista ilmeisesti selvää lisäarvoa. Tämän vuoksi yksityissektorilla kehitys jatkuu nopeana ja etenee jatkuvasti sovellusten ja palveluiden tuottamisessa ja innovaatioissa. Julkisilla toimijoilla on kuitenkin tärkeä rooli näissäkin palveluissa osoittamalla palveluille lainsäädännölliset puitteet sekä huolehtimalla siitä että palveluiden tarvitsemat tiedot mm. kulloinkin voimassa olevista liikennesäännöistä, tiealueiden käyttörajoituksista ja liikenteen hallintasuunnitelmista ovat ajan tasalla.

Alueellisesti rajattavilla palvelut antavat samalla arvokkaita työkaluja julkisen sektorin toimijoiden käyttöön. Tällaisia ovat jo nyt pääsyn rajoitukset ja herkkien ympäristöjen suojelu taajama-alueilla, tiemaksut sekä vaarallisten aineiden ja erikoiskuljetukset. Tulevaisuudessa automaattiajoneuvojen ja letka-ajon käytön rajoittaminen, kunnossapitoajoneuvojen hallinta ja automaatio, häiriöiden hallinta, liikenteen muuttuva ohjaus ja liikenteen tiedotus varmaankin hyödyntävät geoaitaamista.

Alueellisesti rajattavien palveluiden taustateknologioiden nopea kehitys 2020-luvulla tuo esiin lukuisia uusia sovelluskohteita, joita on vaikea ennakoida. Tähän on hyvä varautua pyrkimällä mm. huolehtimaan siitä, että yleisen tietosuojasetuksen soveltamisen periaatteet ja käytännöt ovat käytössä näissä palveluissa. Tältä osin on syytä tarkentaa kansallisella sääntelyllä, miten työnantaja voi velvoittaa työntekijää käyttämään tällaisia palveluja työnantajan tai yhteisen edun saavuttamiseksi, jos työntekijä on haluton palvelun käyttöön vedoten yksityisyyden suojaan. Yleisenä lähtökohtana alueellisesti rajattavienkin palveluiden kohdalla on noudattaa ”Privacy by Design” eli ”Yksityisyys suunnittelemaalla” -periaatetta koko suunnitteluprosessin ajan. Näin vältetään mahdollisilta ongelmilta palveluiden käyttöönotto- ja käyttövaiheessa.

Ajoneuvojen pääsyn rajoittamisen osalta on tarpeen selvittää, miltä osin pääsyä tietyillä ajoneuvoilla voidaan alueellisesti rajoittaa Suomessa ulkoisvaikutuksiin kuten ilmanlaatuun liittyvistä syistä. Tällä hetkellä tiettyjen laillisten ajoneuvojen alueellista käyttöä rajoitetaan vasta hankinnoilla. Esiin nousevia teemoja ovat esimerkiksi oikeudenmukaisuus ja sosiaaliset vaikutukset.

On myös syytä selvittää, kannattaako liikennetiedotusta muuttaa pistekohtaisesta tiedotuksesta enemmän alue- tai tieosuuskohtaiseen suuntaan, mihin geoaitaaminen antaa hyvät mahdollisuudet. Tällainen tiedotus vastaisi enemmän vaarallisten aineiden ja erikoiskuljetusten, liikkuvien tapahtumien tai häiriöiden kuten kunnossapitokaluston ja saattueiden tai pienehköjen lumisadealueiden tiedottamistarpeita.

Ajoneuvojen pääsyä rajoittavien toimenpiteiden osalta on tarpeen selvittää, millä keinoin tiedonvaihtoa saataisiin standardisoitua. Lisäksi tulee kiinnittää huomiota viestinnällisiin seikkoihin esimerkiksi nimitysten osalta. Vaikka rajoitukset olisivat kaupunkikohtaisia, on suositeltavaa kehittää ja käyttää yhtenäinen termistö, jonka avulla tienkäyttäjien on mahdollista hahmottaa vyöhykkeisiin liittyviä rajoituksia.

Standardisoinnissa viranomaistahojen ja tienpitäjien tulee seurata etenkin paikallisesti ja alueellisesti voimassa olevien liikennesääntöjen ja käyttörajoitusten kuvaamista ja tiedonvaihtoa yhdenmukaistavien työryhmien toimintaa. Tällainen on mm. CEN/TC 278 WG17. Jotta standardit vastaavat parhaiten Suomen etuja, varmintä olisi osallistua työryhmien toimintaa itse tai jonkun vastaavan valtion toimijan kanssa yhteistyössä.

Euroopan Komission direktiiveissä ja delegoiduissa asetuksissa voidaan myös säännellä alueellisesti rajattujen palvelujen toteutuksiin liittyviä asioita. Esimerkkinä on ajantasatietopalveluiden (RTTI, Real Time travel and Traffic Information) delegoidun asetuksen päivitys, jonka yhteydessä on keskusteltu UVAR-tietolajien sisällyttämisestä ja standardirajapinnoista. Palvelujen toteuttajien on huolehdittava palveluihin liittyvien direktiivien ja delegoitujen asetusten vaatimusten noudattamisesta.

Palveluiden organisoinnista ei voida antaa yleistä suositusta. Lopulliset organisointimalit ja vastuunjako on suunniteltava sovellus- ja palvelukohtaisesti, kun mahdollisia pilotteja ja toteutuksia ryhdytään suunnittelemaan.

7 Lähdeluettelo

1Home (2020). Geofencing is location-based automation. Geofence in a KNX home. [online] Saatavilla: <https://www.youtube.com/watch?v=O9XS-QTQ4zY>

- Agustine, Lanny; Pangaliela, Egber; Pranjoto, Hartono (2016): *Vehicle Security and Management System on GPS Assisted Vehicle Using Geofence and Google Map*. In: Pasila F., Tanoto Y., Lim R., Santoso M., Pah N. (eds) Proceedings of Second International Conference on Electrical Systems, Technology and Information 2015 (ICESTI 2015). Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 365. Springer, Singapore. [online] Saatavilla: https://doi.org/10.1007/978-981-287-988-2_23
- Airparif (2018): *Zones a basses emissions dans l'agglomeration Parisienne*. [online] Saatavilla: https://www.airparif.asso.fr/_pdf/publications/synthese_zbe_180329.pdf. (Luettu 14.8.2020)
- Aloquili, O.; Elbanna, A.; Al-Azizi, Ahmad (2009): *Automatic vehicle location tracking system based on GIS environment*. IET Software 2009, Vol. 3, Issue 4. S. 255–263. doi: 10.1049/iet-sen.2008.0048
- Amundsen, A. H., Sundvor I. (2018): *Low Emission Zones in Europe: Requirements, enforcement and air quality*. Institute of Transport Economics, Oslo, Norja. [online] Saatavilla: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=49204> (luettu 14.8.2020)
- ANS Finland (2019): *Digitaalisen liiketoiminnan alusta ja mikropalveluratkaisut U-Space*. [online] Saatavilla: https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/4.%20ANSF_Digitalisaatio_U_Space.pdf (luettu 23.9.2020)
- Auto-Talks (2020): *Accelerating Global V2X Deployment for Road Safety*. [online] Saatavilla: <https://www.auto-talks.com/wp-content/uploads/2018/09/Global-V2X-DSRC-and-C-V2X-whitepaper.pdf> (luettu 1.10.2020)
- Badstuber, Nicole (2019): London congestion charge: what worked, what didn't, what next. The Conversation. [online] Saatavilla: <https://theconversation.com/london-congestion-charge-what-worked-what-didnt-what-next-92478> (Luettu 25.10.2020)
- BMW Group (2020): *BMW eDrive zones – automatically emission-free in the city*. [online] Saatavilla: <https://www.bmwgroup.com/en/company/bmw-group-news/artikel/bmw-edrive-zones.html>. (Päivitetty 13.3.2020)
- Caltrans (2020): *Analyzing the Potential of Geofencing for Electric Bicycles and Scooters in the Public Right of Way*. Caltrans Division of Research, Innovation and System Information. [online] Saatavilla: <https://dot.ca.gov/-/media/dot-media/programs/research-innovation-system-information/documents/preliminary-investigations/geofencing-for-electric-bicycles-and-scooters-pi-a11y.pdf> (Luettu 17.8.2020)
- CEN (2020). *European Standardization in support of Urban Intelligent Transportation and Mobility*. CEN TC 278 ITS Standardisation. 6 p. [online] Saatavilla: https://www.cen.eu/news/brochures/brochures/urban_intelligent_transport_cen-tc-278.pdf (Luettu 15.11.2020)
- Cré, I. (2019): *UVAR and SUMP's Regulating vehicle access to cities as part of integrated mobility policies*. [online] Saatavilla: https://www.eltis.org/sites/default/files/uvar_brochure_2019-09-26_digital_version_v2.pdf (Luettu 22.9.2020)
- Dalai, Tanushree (2013): *Emergency Alert and Service for Automotives for India*. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering (IJATCSE), Volume 2, No. 5, S. 08-12.
- DinCloud (2020): *Impact of Cloud Computing In Transportation Industry*. [online] Saatavilla: <https://www.dincloud.com/blog/how-cloud-computing-impacting-transportation-industry> (Luettu 5.10.2020)

Dolby, J. (2017): *What is a geofence? Here are 15 ways to use them*. Microlise. [online] Saatavilla: <https://www.microlise.com/blog/geofence-definition-15-ways-to-use-them/> (luettu 17.8.2020)

EU (1999): 1999/62/EY. Euroopan Parlamentin Ja Neuvoston Direktiivi 1999/62/EY, annettu 17 päivänä kesäkuuta 1999, verojen ja maksujen kantamisesta raskailta tavaraliikenteen ajoneuvoilta tiettyjen infrastruktuurienkäytöstä. [online] Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:31999L0062&from=EN> (Luettu 25.10.2020)

EU (2004): 2004/52/EY. Euroopan Parlamentin Ja Neuvoston Direktiivi 2004/52/EY, annettu 29 päivänä huhtikuuta 2004, sähköisten tiemaksujärjestelmien yhteentoimivuudesta yhteisössä. [online] Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004L0052&from=FI> (Luettu 25.10.2020)

EU (2009): 2009/750/EY. Komission päätös, tehty 6 päivänä lokakuuta 2009, eurooppalaisen sähköisen tietullipalvelun ja sen teknisten osien määrittelystä. [online] Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009D0750&from=FI> (Luettu 25.10.2020)

EU (2016): Euroopan Parlamentin ja Neuvoston Asetus (EU) 2016/679, annettu 27 päivänä huhtikuuta 2016, luonnollisten henkilöiden suojelusta henkilötietojen käsittelyssä sekä näiden tietojen vapaasta liikkuvuudesta ja direktiivin 95/46/EY kumoamisesta (yleinen tietosuoja-asetus). Virallinen lehti 02016R0679 — FI — 04.05.2016 — 000.002. 78 s.

EU (2019): (EU) 2019/520. Euroopan Parlamentin Ja Neuvoston Direktiivi (EU) 2019/520, annettu 19 päivänä maaliskuuta 2019, sähköisten tietullijärjestelmien yhteentoimivuudesta ja tiemaksujen laiminlyöntiä koskevien tietojen rajatylittävän vaihtamisen helpottamisesta unionissa. [online] Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0520&from=FI> (Luettu 25.10.2020)

EU (2020a): (EU) 2020/203. Komission Delegoitu Asetus (EU) 2020/203, annettu 28 päivänä marraskuuta 2019, ajoneuvojen luokittelusta, eurooppalaisen sähköisen tietullipalvelun käyttäjien velvollisuuksista, yhteentoimivuuden osatekijöitä koskevista vaatimuksista ja vähimmäisperusteista ilmoitettujen laitosten kelpoisuudelle. [online] Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0203&from=FI> (Luettu 25.10.2020)

EU (2020b): (EU) 2020/204. Komission Täytäntöönpanoasetus (EU) 2020/204, annettu 28 päivänä marraskuuta 2019, eurooppalaisen sähköisen tietullipalvelun tarjoajien yksityiskohtaisista velvollisuuksista, eurooppalaisen sähköisen tietullipalvelun tietullikohteen määrittelyn vähimmäissisällöstä, sähköisistä rajapinnoista, yhteentoimivuuden osatekijöitä koskevista vaatimuksista ja päätöksen 2009/750/EY kumoamisesta. [online] Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0204&from=FI> (Luettu 25.10.2020)

Fjellinjen (2019): Årsrapport 2019. [online] Saatavilla: <https://www.fjellinjen.no/privat/nyhetsarkiv/arsrapport-2019-et-ar-med-store-endringer-article2585-966.html> (Luettu 25.10.2020)

Evensen, Knut (2018). *Management for Electronic Traffic Regulations, METR*. Presentation. 26 p. [online] Saatavilla: https://docbox.etsi.org/workshop/2018/20180306_ITS_WORKSHOP/S04_ACCIDENT_FREE_AUTOMOTIV/METR_QFREE_EVENSEN.pdf (Luettu 15.11.2020)

Ford (2020): *Supporting cleaner air for cities, schools and play areas – Ford introduces automatic electric mode*. [online] Saatavilla: <https://media.ford.com/content/fordmedia/feu/en/news/2020/07/06/supporting-cleaner-air-for-cities--schools-and-play-areas--ford-.html>. (Päivitetty 6.7.2020)

Foss, Trond; Seter, Hanne; Arnesen, Petter (2019): *Geofencing for smart urban mobility. Summarizing the main findings of Work Package 1*. SINTEF Report 2019:00123- Unrestricted. SINTEF Building and Infrastructure, Digitalisation in Transport, 2019-01-29. 46 s.

Greater London Authority (2020). *Central London Ultra Low Emission Zone – Six Month Report*. [online] Saatavilla: https://www.london.gov.uk/sites/default/files/ulez_ten_month_evaluation_report_23_april_2020.pdf (Luettu 11.8.2020)

GSA (2018): *GNSS User Technology Report. Issue 2*. European Global Navigation Satellite Systems Agency, 2018. ISBN: 978-92-9206-035-0. ISSN: 2467-3854. doi: 10.2878/743965

Helsingin kaupunki (2019): *Selvitys Helsingin ympäristövyöhykkeen laajentamisen mahdollisuuksista*. [online] Saatavilla: <https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/aineistot/aineistoja-12-19.pdf> (Luettu 11.8.2020)

Helsingin kaupunki (2019b): *Ohje sähköpotkulautojen sekä asemattomien kaupunkipyörien ja liikkumisvälineiden operaattoreille Helsingissä*. [pdf] (Päivitetty 5.11.2019)

Henri, Yvon; Matas, Attila (2018): *RNSS and the ITU Radio Regulations*. Inside GNSS. January/February 2018. Ss. 32-39. [online] Saatavilla: <https://insidegnss.com/rnss-and-the-itu-radio-regulations/>

ICLEI (2020): *The Ecopass pollution charge and Area C congestion charge - comparing experiences with cordon pricing over time*. ICLEI Case Studies. [online] Saatavilla: https://www.researchgate.net/publication/325987968_The_Ecopass_pollution_charge_and_Area_C_congestion_charge_-_comparing_experiences_with_cordon_pricing_over_time. (Luettu 17.8.2020)

ITS UK (2006): *Technology Options for Road Pricing in the UK, A guide to technologies, operations and related policy options for charging and enforcement in the UK*. ITS United Kingdom.

Joinup (2018): *EETS - European Electronic Tolling Service*. Euroopan unioni. [online] Saatavilla: <https://joinup.ec.europa.eu/collection/ict-standards-procurement/eets-european-electronic-tolling-service>. (Luettu 17.8.2020)

Jungleworks (2020). *Geo Fencing – What does it do, where it's headed?* [online] Saatavilla: <https://jungleworks.com/geo-fencing-headed/>

Karim, Danish; Singh, Jaspal (2013): *Development of Automatic Geofencing and Accidental Monitoring System Based on GPS Technology*. International Journal of Computer Science, Engineering and Applications (IJCSEA) Vol.3, No.4, August 2013. S. 57-65.

Kasture, Yuvraj; Gandhi, Suraj; Gundawar, Shravan; Kulkarni, Ajinkya (2014): *Multi-Tracking System For Vehicle Using GPS and GSM*. International Journal of Research in Engineering and Technology, Volume 03, Issue 03, Mar-2014. S. 127-130,

Koskela, Alina (2018): *Aurora Borealis automated driving & intelligent infrastructure testing area – 1st results*. Presentation given at NEXT-ITS3 A4 ICT Infrastructures meeting, Helsinki 22-23 August 2018. 22 p.

Koskinen, Jarkko; Kuusniemi, Heidi; Hyyppä, Juha; Thombreand, Sarang; Kirkko-Jaakkola Martti (2018): *Positioning, location data and GNSS as solution for Autonomous driving*. Esitelmä Arctic Summit I, Olos, 16.-17.1.2018. 19 s.

Kuntaliitto (2020): *HALI - tavoitteena kansallinen standardi*. [online] Saatavilla: <https://www.kuntaliitto.fi/hali-tavoitteena-kansallinen-standardi> (luettu 15.10.2020)

Li, Howell; Day, Christopher M.; Bullock, Darcy M. (2016): *Virtual Detection at Intersections using Connected Vehicle Trajectory Data*. 2016 IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), Windsor Oceanico Hotel, Rio de Janeiro, Brazil, November 1-4, 2016. S. 2571-2576.

LVM (2013): Oikeudenmukaista ja älykästä liikennettä. Työryhmän loppuraportti. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 37/2013. 63 s. [online] Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-372-5>

Malone, Kerry; Schreuder, Max; Berkers, Frank; Helfert, Katharina; Radics, Lena; Boehm, Martin et al. (2019). *Digitalisation and Automation. Implications for use cases, Identification of Stakeholders and Data Needs and Requirements*. DIRIZON Deliverable Nr 3.1. Draft 1.0, October 2019. 68 p. [online] Saatavilla: https://32b45a2b-9547-4eca-9049-bd2192a42b0d.filesusr.com/ugd/1cba1b_4f8f241d96174509bdc0e6ccd13727d8.pdf (Luettu 16.11.2020)

McCord, Mark R.; Brooks, Colin N.; Banach, David; Carr, Jake (2017): *Documenting and Determining Distributions, Trends, and Relations in Truck Times at International Border Crossing Facilities*. NEXTRANS January 20, 2017.USDOT Region V Regional University Transportation Center Final Report - Technical Summary.. 37 s.

Middleton, N. (2020) *BMW launches its eDrive Zones geofencing technology in UK*. International Fleet World. [online] Saatavilla: <https://internationalfleetworld.com/bmw-launches-its-edrive-zones-geofencing-technology-in-uk/> (Luettu 18.8.2020)

MML (2020): *Satelliittipaikannus*.
<https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/satelliittipaikannus>

Nagothu, Sudheer Kumar (2016): *Automated Toll Collection System Using GPS and GPRS*. International Conference on Communication and Signal Processing, April 6-8, 2016, India. S. 651-653.

Nait-Sidi-Moh, Ahmed; Ait-Cheik-Bihi, Wafaa; Bakhouya, Mohamed; Gaber, Jaafar; and Wack, Maxime (2017): *On the Use of Location-Based Services and Geofencing Concepts for Safety and Road Transport Efficiency*. In: Matera, Maristella & Rossi, Gustavo (Eds.): Trends in MobileWeb Information Systems. MobiWIS 2013 International Workshops Paphos, Cyprus, August 26-28, 2013, Revised Selected Papers. S. 135-145.

Nasui, Dorel; Cernian, Alexandra; Sgarciu,Valentin; Carstoiu, Dorin (2014): *Cloud-Based Mobile Asset Management Solution*. ECAI 2014 - International Conference – 6th Edition, Electronics, Computers and Artificial Intelligence, 23 October -25 October, 2014, Bucharest, Romania. S. 71-74.

Nettitikku.fi (2020): Kuuluvuuskartta. *Matkapuhelinverkkojen kuuluvuuskartat*.
<https://www.nettitikku.fi/kuuluvuuskartta/> (Luettu 5.10.2020)

Noei, Shirin; Santana, Hugo; Noei, Mohammadreza; Sargolzaei Arman (2014): *Reducing Traffic Congestion Using Geo-fence Technology: Application for Emergency Car*. EMASC'14, November 7, 2014, Orlando, Florida, USA. S. 15-20.

Nordic Transport and Road Authorities (2018): *ITS Terminology 2018*. Finnish Transport Agency (Liikennevirasto), Norwegian Public Roads Administration (Statens vegvesen) and Swedish Transport Administration (Trafikverket) with support from Danish Road Directorate (Vejdirektoratet) and Icelandic Road and Coastal Administration (Vegagerðin). [online] Saatavilla: <http://www.its-terminology.com/> (Luettu 24.8.2020)

NordicWay (2020): NordicWay projects' internet site. <https://www.nordicway.net/> (luettu 20.8.2020)

Oliveira, Rodrigo R.; Cardoso, Ismael M.G.; Barbosa, Jorge L.V.; da Costa, Cristiano A.; P.Prado, Mario P. (2015): *An intelligent model for logistics management based on geofencing algorithms and RFID technology*. Expert Systems with Applications, Volume 42, Issues 15–16, September 2015. S. 6082–6097. [online] Saatavilla: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.04.001>

Paajoki, Antti (2007): *RFID-etätunnistusteknologia ja standardit*. Jyväskylän yliopisto Tietojenkäsittelytieteiden laitos, Jyväskylä. 33 s.

Patel, Chirag; Shah, Dipti; Palet, Atul (2013): *Automatic Number Plate Recognition System (ANPR): A Survey*. International Journal of Computer Applications (0975 – 8887), Volume 69 – No.9, May 2013. [online] Saatavilla: https://www.researchgate.net/publication/236888959_Automatic_Number_Plate_Recognition_System_ANPR_A_Survey (Luettu 5.10.2020)

Phang, Sock-Yong (2004): Road Congestion Pricing in Singapore: 1975–2003. Transportation Journal, 43 (2): 16–25, ISSN 0041-1612. [online] Saatavilla: https://ink.library.smu.edu.sg/soe_research/117/ (Luettu 25.10.2020)

Ploos van Amstel, Walther (2013): *A framework for improving reliability of truck turn times in FMCG transport networks*. 20 s.

Raza, Ali (2017): *Road safety in the age of mobile phones: IoT and Milgram*. 2017 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData). S. 384–389.

Rehman, Faizan Ur; Afyouni, Imad; Lbath,Ahmed; Basalamah, Saleh (2017): *Towards Building Smart Maps from Heterogeneous Data Sources*. GEOProcessing 2017, The Ninth International Conference on Advanced Geographic Information Systems, Applications, and Services. Nice, France. 7 s. [online] Saatavilla: https://www.researchgate.net/publication/316922290_Towards_Building_Smart_Maps_from_Heterogeneous_Data_Sources (Luettu 5.10.2020)

Ricci, A., Gaggi, S., Tomassini, M., Fioretto, M., Gargani, F., Di Stefano, A., and Gaspari, E. (2017): *Study on Urban Vehicle Access Regulations*. [pdf] European Union. [online] Saatavilla: https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/uvar_final_report_august_28.pdf (Luettu 12.8.2020)

Rinne, Mikko; Törmä, Seppo (2014): *Mobile crowdsensing of parking space using geofencing and activity recognition*. 10th ITS European Congress, Helsinki, Finland, June 16–19, 2014. ERTICO.

Røed, Geir (2019): Oslo-folk har betalt 42 milliarder i bompenger. Norges Automobil-Forbund (NAF). Motor. [online] Saatavilla: <https://motor.no/bompenger-samferdsel/oslo-folk-har-betalt-42-milliarder-i-bompenger/109913> (Luettu 25.10.2020)

Schneider, Cornelia; Zutz, Sebastian; Rehrl, Karl; Brunauer, Richard; Gröchenig, Simon (2016): *Evaluating GPS sampling rates for pedestrian assistant systems*, Journal of Location Based Services, 10:3, 212–239 [online] Saatavilla: DOI:0.1080/17489725.2016.1259509

Scholliers, Johan; Kulmala, Risto; Sörensen, Anders Bak; Sundberg, Jonas; Kotilainen, Ilkka; Svedlund, Johnny; Dalsnes Storsæter, Ane; Dörge, Lone; Ystmark Bjerkan, Kristin (2018): *Nordic Way, Final report*. [online] Saatavilla: <https://uploads->

ssl.webflow.com/5c487d8f7febe4125879c2d8/5c5c02c69c00c4851bedf1cb_NordicWay_Final%20Report.pdf (luettu 20.8.2020)

SESAR Joint Undertaking (2020): *Supporting Safe and Secure Drone Operations in Europe*. [pdf] [online] Saatavilla: <https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/u-space/U-space%20Drone%20Operations%20Europe.pdf>. (Luettu 14.8.2020)

Singapore Ministry of Transport (2020): ERP. [online] Saatavilla: <https://www.mot.gov.sg/about-mot/land-transport/motoring/erp> (Luettu 25.10.2020)

Statens Vegvesen (2019): Nye bomstasjoner i Oslo og Akershus. [online] Saatavilla: <https://www.vegvesen.no/vegprosjekter/bomstasjoner/osloepakke3> (Luettu 25.10.2020)

Talvi, Jukka (2020): Sähköposti Ilkka Kotilaiselle ja Risto Kulmalalle 14.10.2020.

Tampereen kaupunki (2019): *Tampereen kaupungin ohjeistus sähköisten potkulautojen operoinnille*. [online] Saatavilla: <https://tampere.cloudnc.fi/download/noname/%7Bb28656e0-efe4-4291-9642-8947de0c40fa%7D/3266531>. (Luettu 17.8.2020)

Tarun, M. K.; Radhika, P. (2014): *Auto Theft Prevention of a Vehicle Using a Smart Key fob Unit and GPS & GSM Technologies*. International Journal of Research in Information Technology, Volume 2, Issue 4, April 2014, S. 282- 287.

Tioga Group (2011): Truck Drayage Productivity Guide. NCFRP report 11. Transportation Research Board, Washington, DC.

Traficom (2019): *Kansainvälisen hankkeen drone-kokeilut käynnistyneet Suomessa*. [online] Saatavilla: <https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/kansainvalisen-hankkeen-drone-kokeilut-kaynnistyneet-suomessa>. (Luettu 21.9.2020)

Traficom (2020): *Drone-infotilaisuus 30.1.2020*. [online] Saatavilla: <https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/EU-s%C3%A4%C3%A4ntelyn%20aikataulu%20ja%20vaikutukset.pdf> (Luettu 21.9.2020)

Transport for London (2020a): *ULEZ: Where and when*. [online] Saatavilla: <https://tfl.gov.uk/modes/driving/ultra-low-emission-zone/ulez-where-and-when>. (Luettu 11.8.2020)

Transport for London (2020b): *Ways to meet the standard*. [online] Saatavilla: <https://tfl.gov.uk/modes/driving/ultra-low-emission-zone/ways-to-meet-the-standard> (Luettu 11.8.2020)

Transport for London (2020c): *Penalty charges for ULEZ*. [online] Saatavilla: <https://tfl.gov.uk/modes/driving/ultra-low-emission-zone/penalty-charges-for-ulez> (Luettu 11.8.2020)

Transport for London (2020d): Congestion charge. [online] Saatavilla: <https://tfl.gov.uk/modes/driving/congestion-charge> (Luettu 25.10.2020)

Transport for London (2020e). Road signs. [online] Saatavilla: <https://tfl.gov.uk/modes/driving/congestion-charge/congestion-charge-zone/road-signs> (Luettu 25.10.2020)

Transportstyrelsen (2020): Trängselskatt. [online] Saatavilla: <https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Trangselskatt/> (Luettu 25.10.2020)

Turun kaupunki (2020): *Raskaan liikenteen erityislupa Turun keskustaan*. [online] Saatavilla: <https://www.turku.fi/rekkalupa> (Luettu 22.9.2020)

Urban Access Regulations in Europe (2020a): *Urban Access Regulation By Map*. [online] Saatavilla: <https://urbanaccessregulations.eu/userhome/map> (Luettu 12.8.2020)

Urban Access Regulations in Europe (2020b): *Stockholm*. [online] Saatavilla: <https://urbanaccessregulations.eu/countries-mainmenu-147/sweden-mainmenu-248/stockholm>. (Luettu 12.8.2020)

Urban Access Regulation in Europe (2020c): *Paris*. [online] Saatavilla: <https://urbanaccessregulations.eu/countries-mainmenu-147/france/paris>. (Luettu 17.8.2020)

Urban Access Regulation in Europe (2020d): *Milan LEZ & CS*. [online] Saatavilla: <https://urbanaccessregulations.eu/countries-mainmenu-147/italy-mainmenu-81/milan-area-c-charging-scheme>. (Luettu 17.8.2020)

Väleanin, A. (2020). Euroopan komission puolesta antama vastaus kysymykseen E-000095/2020. [online] Saatavilla: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-9-2020-000095-ASW_FI.html (päivitetty 29.5.2020)

Valtioneuvosto (2019). Osallistava ja osaava Suomi –sosiaalisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä yhteiskunta. Pääministeri Antti Rinteen hallituksen ohjelma 6.6.2019. Valtioneuvoston julkaisu 2019:23, Helsinki 2019. [online] Saatavilla: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161662/Osallistava_ja_osaava_Suomi_2019_WEB.pdf (Luettu 27.11.2020)

VDO (2020): *Geofencing – Virtual Areas for More Security and Efficiency*. [online] Saatavilla: <https://www.fleet.vdo.com/vdo-magazine/geofencing/> (Luettu 17.8.2020)

WSP Sweden (2020): *Market consultation on new technology, products and policy measures*. ReVeAL Milestone 10 -raportti. [online] Saatavilla: https://civitas-reveal.eu/wp-content/uploads/2020/07/MS10_Consultation_Report.pdf (Luettu 17.8.2020)

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom

PL 320, 00059 TRAFICOM
p. 029 534 5000

traficom.fi

ISBN 978-952-311-729-7
ISSN 2669-8781 (verkkajulkaisu)